INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Sistematização e optimização do plano de manutenção da frota Fokker 100

Pedro Miguel dos Santos Matos de Sena Martins

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Mecânica

Júri:

Presidente: Professor Luís Manuel Varejão Oliveira Faria

Orientador: Doutor André Calado Marta

Co-Orientador: Professora Virgínia Isabel Monteiro Nabais Infante

Vogal: Professor Pedro da Graça Tavares Álvares Serrão

Fevereiro de 2012

Agradecimentos

No culminar de uma longa etapa, são várias as pessoas que faço questão de mencionar neste trabalho, expressando os meus sinceros agradecimentos.

O meu primeiro reconhecimento de todo o apoio incondicional que permitiu a conclusão deste objectivo é dirigido à minha família, com especial relevância à minha mulher Tânia Trindade, aos meus pais, irmão e tias e à minha tão importante avó. É a eles que devo a serenidade que, na maior parte dos casos, foi um elemento fulcral para ultrapassar todas as adversidades que se foram fazendo sentir ao longo do tempo.

Aos meus orientadores e co-orientadores científicos, Doutor André Calado Marta e Professora Virgínia Infante bem como ao professor Luís Manuel Varejão Oliveira Faria, pela compreensão e disponibilidade demonstradas e pelas ideias e opiniões sugeridas que me proporcionaram reflexão e determinação para concluir este trabalho.

A todos os professores que me transmitiram bons ensinamentos e me permitiram superar aliciantes desafios.

Um grande obrigado aos colegas e amigos Daniel Antunes, Pedro Santiago e Nuno Vicente, também pelas inúmeras sessões de estudo, mas sobretudo pelas demonstrações de amizade que foram fruto deste percurso académico.

Na sequência do meu estágio na *Portugália Airlines*, muitas foram as pessoas que sempre se mostraram disponíveis, destacando o Professor Pedro Álvares Serrão, o Eng. Miguel Vaz Pinto, o Eng. Henrique Escórcio de Almeida e os meus colegas e amigos de estágio, Gonçalo Marques e João Ribeiro.

Pedro Sena Martins

Resumo

As estratégias seguidas pelas companhias de aviação assentam em fortes planos de contenção drástica de custos. A indústria aeronáutica tem-se tornado cada vez mais exigente, sendo os custos de manutenção e o controlo de fiabilidade factores chave para o sucesso da companhia aérea. O conceito de optimização encontra-se presente em todos os sectores desta indústria e intimamente ligado à sistematização constante dos Planos de Manutenção das Aeronaves (PMA).

O presente trabalho tem como objectivos estudar a inclusão de inspecções com periodicidade de 4000 horas de voo, nas inspecções denominadas por *Check A* e proceder à equalização desse novo PMA, com aplicabilidade à aeronave *Fokker 100*. Para tal, este trabalho foi integrado na companhia aérea *Portugália Airlines*.

Numa fase inicial procedeu-se à actualização e preenchimento da base de dados referente ao PMA da aeronave, complementando-a com informação essencial de ferramentas e materiais necessários à realização das tarefas de manutenção.

Em seguida, após a análise das inúmeras variáveis, procedeu-se ao desenvolvimento de uma aplicação na linguagem de programação *Visual Basic for Applications*. A metodologia utilizada assenta no pressuposto de agrupar o maior número de tarefas com intervalos de manutenção semelhantes e, sempre que possível, agrupá-las com base na partilha de painéis de acessos comuns.

Do ponto de vista temporal, os resultados obtidos reflectem uma mais-valia referente à execução em simultâneo dos dois tipos de inspecção supracitados, apresentando um ganho temporal na ordem dos 2,5%, obtendo-se igualmente uma optimização do tempo de chão da aeronave por intermédio da equalização do PMA.

Palavras-Chave

Plano de manutenção

Optimização

Fokker 100

Equalização

Portugália Airlines

Abstract

The strategies pursued by airline companies are based on strong plans for drastic cost containment. The aviation industry has become increasingly challenging, being the maintenance costs and reliability control two main points that contribute strongly to the success of an airline company. The concept of optimization is present in all sectors in this industry and closely related to the systematization concept of the *Aircraft Maintenance Plan* (AMP).

This thesis report aims at studying the effects of the inclusion of inspections provided with an interval of 4000 Flight Hours in the *Block A Check* and afterwards, proceeding with the equalization of this new *Aircraft Maintenance Plan* with applicability to the *Fokker 100* aircraft. With this purpose, this work was integrated in *Portugália Airlines* company.

This work has started with an organization of the database regarding the *Fokker 100*'s AMP which consisted of including missing information concerning the aircraft tools and materials needed to perform maintenance tasks.

Subsequently, after the analysis of the several variables, an application based on *Visual Basic for Applications* programming language was developed. The methodology used was based on the assumption of combining the largest number of tasks with similar intervals and, when possible, collect them based on shared common access panels.

From a temporal point of view, the results were reasonable reflecting a benefit simultaneously on the implementation of the two inspection types presented above, with a 2,5% time gain, as well as the optimization of time generated regarding the ground time of the aircraft through the equalization of the AMP.

Keywords:

Maintenance Plan

Optimization

Fokker 100

Equalization

Portugália Airlines

Índice

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Nomenclatura

AD	*Airworthiness Directives*
ALI	*Airworthiness Limitation Items*
AMM	*Aircraft Maintenance Manual*
AMTOSS	*Aircraft Maintenance and Task Oriented Support System*
AMP	*Aircraft Maintenance Plan*
	Plano de Manutenção da Aeronave
AMTOSS	*Aircraft Maintenance Task Oriented Support System*
APU	*Auxiliary Power Unit*
	Unidade Auxiliar de Potência
ATA	*Air Transport Association*
CAT II/III	Aterragem de precisão com instrumentos em condições adversas
CM	*Condition Monitoring*
CMR	*Certification Maintenance Requirements*
CPCP	*Corrosion Prevention and Control Program*
DME	Direcção de Manutenção e Engenharia
DN	Directivas de Navegabilidade
DP	Desvio Padrão
DRF 4000	Refere-se a tarefas com intervalos de 4000 FH ou potencial adequado
EASA	*European Aviation Safety Agency*
	Agência Europeia de Segurança na Aviação
EAT	Gabinete de Engenharia e apoio técnico
EMP	*Engine Maintenance Program*
EMSG	*European Maintenance System Guide*
FC	*Flight Cycles*
	Ciclos de Voo
FH	*Flight Hours*
	Horas de Voo
FH/FC	Razão Horas de Voo/Ciclos de Voo
HT	*Hard Time*
IATA	*International Air Transport Association*
	Associação Internacional de Transporte Aéreo
INAC	Instituto Nacional de Aviação Civil
JC	*Job Card*
	Cartas de Trabalho
LRU	*Line Replacement Unit*
	Unidade de Substituição em Linha

M-H	*Man-Hour*
	Homem-Hora
MEL	*Minimum Equipment List*
	Lista de Equipamento Mínimo
MPD	*Maintenance Planning Document*
MRB	*Maintenance Review Board*
MRBR	*Maintenance Review Board Report*
MSG	*Maintenance Steering Group*
MSI	*Maintenance Significant Item*
OC	*On Condition*
PAX	Designação atribuída para passageiro
P/N	*Part Number*
PGA	*Portugália Airlines*
PMA	Programa de Manutenção da Aeronave
RCM	*Reability-Centered Maintenance*
S/N	*Serial Number*
SSI	*Structural Significant Item*
TAP	Transportadora Aérea Portuguesa
TMA	Técnico de Manutenção de Aeronaves

Glossário

Aeronavegabilidade Estudo que se faz da aeronave de modo a mantê-la navegável, em condições de segurança máxima e ao mínimo custo possível, tendo sempre em conta as suas limitações enquanto máquina e as limitações impostas pelos fabricantes e entidades aeronáuticas.

Check Toda e qualquer inspecção grande, efectuada a uma aeronave.

Componente Qualquer motor, propulsor/hélice, peça ou equipamento.

Discard Remoção do componente especificado e descarte do mesmo.

Equalização Reestruturação do plano de manutenção visando a uniformidade de carga horária entre os pacotes de manutenção.

Failure Finding Detecção de falha.

Fiabilidade A probabilidade de um item desempenhar a sua função de forma satisfatória, dentro de um determinado período de tempo e nas condições especificadas.

Flight Cycles Cada aterragem da aeronave é contabilizada como sendo um ciclo de voo efectuado.

Flight Hours Contabilização das horas que a aeronave está a voar (desde o momento em que descola até ao momento em que aterra).

Horas-extra Horas extraordinárias para além do horário de trabalho estipulado.

Inspecção Observação qualitativa e/ou quantitativa da condição de um item ou do seu desempenho.

Manutenção A Inspecção, o *overhaul*, a reparação, a preservação, modificação e/ou a substituição de componentes em caso de avarias.

Manutenção Preventiva Manutenção efectuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do bom funcionamento.

Overhaul Revisão geral ao componente.

Part-Number Código de identificação de um tipo de item/componente/kit atribuído pelo fabricante, fornecedor ou código standard da indústria.

Painel de Acesso Quaisquer painéis substituíveis que são removidos para permitir o acesso ao interior da estrutura do avião ou motor para inspecção, manutenção e reparação dos componentes nele inseridos.

Perda de Potencial Potencial (tempo e custo) perdido por efectuar mais vezes do que necessário determinada tarefa, com o propósito de a deslocar para um pacote de manutenção posterior ao qual a mesma se encontra.

Query Consulta de tabelas que permite estabelecer relações entre as mesmas.

Rework Restabelecimento da condição de aeronavegabilidade.

Serial-Number	Código de identificação de um item específico, em que, juntamente com o P/N, identifica de forma única um item.
Sistema	Conjunto de componentes concebidos para trabalhar em conjunto e desempenhar de forma eficiente uma determinada função.
Task number	Referência que caracteriza uma tarefa de manutenção.
Tempo de chão	Tempo em que a aeronave não se encontra na operação de voo.
Threshold	Intervalo entre o início de operação da aeronave e a 1ª inspecção.
Unidade de potência auxiliar (APU)	Motor de turbina instalado na aeronave, usado como fonte de potência eléctrica e pneumática.
User-friendly	De fácil entendimento.
Vida Útil	Tempo em que um item opera.

1 Introdução

1.1 Motivação e Enquadramento

A rentabilidade das companhias aéreas encontra-se intimamente ligada ao crescimento económico. Falar da crise global que actualmente nos envolve num cenário económico pouco confortável, implica recuar até ao final do ano 2000. Esta crise que teve início nos Estados Unidos da América é considerada por muitos economistas como a pior crise financeira desde a Grande Depressão [1]. Os trágicos acontecimentos do 11 de Setembro em 2001, a disrupção ocorrida no sector imobiliário nos Estados Unidos da América, aliada ao crédito *subprime* que provocou drásticos problemas de liquidez no sistema bancário e nos fundos de investimento, incitaram a deterioração macroeconómica generalizada em todo o Mundo [2].

Entre outros, é possível salientar factos também negativamente marcantes, nomeadamente a entrada em erupção do Vulcão *Eyjafjallajokull* na Islândia em Abril de 2010, condições climatéricas agressivas que obrigaram ao fecho temporário do espaço aéreo e conflitos hostis em países como a Tunísia, Egipto e a Líbia em 2011, não esquecendo o trágico terramoto que assolou por completo o Japão e que teve consequências incalculáveis a todos os níveis.

Por todas as causas apontadas até então, entre outras, rapidamente fora inteligível que seria necessário agir e tomar medidas que atenuassem os efeitos da crise mundial que se instalara, tendo forçosamente o sector aeronáutico de se adaptar à nova realidade, com a condição de impreterivelmente não descurar o aspecto da segurança. As estratégias seguidas pelas companhias de aviação assentam em fortes planos de redução de recursos humanos e na contenção drástica dos custos. A indústria da aviação comercial tem-se tornado cada vez mais exigente, sendo os custos de manutenção e o controlo de fiabilidade factores chave para o sucesso da companhia aérea [3].

A forma e os procedimentos de execução dos programas de manutenção dos aviões têm implicações na estratégia e na viabilidade de uma empresa de aviação: por um lado, os custos de manutenção que, segundo a *Airbus*, representam aproximadamente 11,5% dos custos operacionais, por outro lado, a necessidade de se compatibilizarem as exigências da operação das aeronaves com os tempos de imobilização das mesmas, necessários à execução das acções de manutenção, sem nunca pôr em causa os objectivos dos programas de manutenção [4].

É com base neste princípio que se enquadra a oportunidade de identificar a redução de custos no desenvolvimento da actividade de manutenção, bem como a possibilidade de aumento da facturação da companhia aérea *Portugália Airlines* - PGA, correspondendo a uma maior disponibilidade dos aviões, obviamente sem nunca descurar a questão da fiabilidade, procurando sempre alcançar os mais elevados níveis de eficiência.

Medidas Implementadas

Actualmente, alguns procedimentos têm sido implementados na tentativa de redução de custos para as companhias. Medidas como a possibilidade de aquisição de bilhetes electrónicos, sistemas mais eficazes para o rastreamento de bagagens, a fusão de sistemas de tecnologia e informação entre companhias de aviação e aeroportos, a modulação de aeroportos de modo a facilitar o trânsito de passageiros e o aumento de segurança através do reconhecimento facial ou por impressões digitais, introduzindo um sistema mais rigoroso de uma pré-triagem dos passageiros, são procedimentos fundamentais para o bom funcionamento desta indústria, que para além de reduzir custos, torna este meio de transporte mais apelativo e seguro [5].

Na área da engenharia, grandes progressos têm vindo a ser feitos: centros de investigação têm sido palco de grandes trabalhos de pesquisa e desenvolvimento, resultando na diminuição do consumo e emissão de gases dos aviões, reflectindo-se em motores mais eficientes e menos ruidosos, consequentemente reduzindo também os custos operacionais das companhias aéreas.

A área da gestão da manutenção, a qual tem sido alvo de sucessivas mudanças ao longo dos tempos, desempenha igualmente um papel relevante. O conceito de optimização encontra-se intimamente ligado a uma gestão eficiente dos planos de manutenção, visando o melhor desempenho possível na realização das tarefas de manutenção, diminuindo "tempos de paragens de chão" dos aviões e consequentemente os custos associados [6]. Encontra-se representado, na Figura 1.1, em forma de gráfico, a contribuição percentual dos custos de uma companhia aérea.

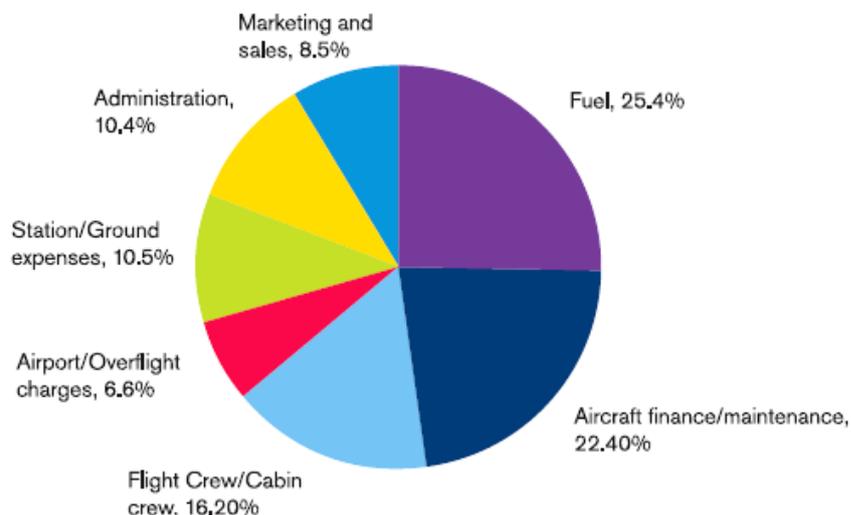



Figura 1.1 – Distribuição de custos de estrutura de uma companhia aérea.
(Fonte: *Doganis*, 2010) [7]

Após análise da Figura 1.1, é bem visível a expressão dos custos de manutenção e de financiamento da aeronave, com uma contribuição de 22,40%, os quais são só superados pelos custos de combustível, advindo deste facto a extrema importância concedida ao sector da manutenção e aos esforços que têm vindo a ser realizados na sua optimização. O departamento de

Marketing e vendas, a par das taxas de aeroporto e de sobrevoos preenchem a menor contribuição de custos, com os valores de 8,5% 6,6% respectivamente.

1.2 Objectivos

A palavra optimização implica tentar melhorar algo. Com este trabalho pretende-se sistematizar e optimizar o actual plano de manutenção da frota de aeronaves *Fokker* 100, estabelecendo-se os seguintes objectivos:

- Como primeiro objectivo pretende-se estudar a viabilidade de incluir as inspecções "DRF 4000 *Flight Hours* (FH)" nos *Checks* A, encurtando a periodicidade do intervalo de 4000 FH para 3000 FH. Se existir vantagem a nível de ganho temporal, então estudar-se-á posteriormente a exequibilidade física da operação;
- O segundo objectivo assenta no mesmo pressuposto, mas desta vez pretende-se obter a equalização do plano de manutenção do *Check* A com as inspecções 4000 FH incluídas, diminuindo o tempo total de manutenção e consequentemente reduzindo os custos associados e aumentando a disponibilidade da aeronave em questão.

Como objectivo implícito dos objectivos supracitados, pretende-se distribuir as cargas de trabalho o mais uniformemente possível pelos diversos pacotes de inspecção. Para isso trabalhar-se-á no sentido de agrupar o maior número de tarefas com potenciais semelhantes, de forma a optimizar o tempo de chão e eliminando picos de horas-extra.

1.3 Guia de Leitura

Na presente secção descreve-se o modo como estão distribuídas as diferentes matérias abordadas no relatório da tese, fazendo para isso uma breve explicação de todos os capítulos.

O primeiro capítulo tem como objectivo mostrar o enquadramento, objectivos e estrutura da tese, tendo presente a identificação de oportunidades de redução de custos de manutenção.

O segundo capítulo, resultado da pesquisa bibliográfica, servirá de suporte e enquadramento para o desenvolvimento do trabalho. São analisadas as diferentes fases de evolução da manutenção de aeronaves até à actualidade, introduzindo-se alguns conceitos aeronáuticos, os quais são de extrema importância para a compreensão da estrutura de um plano de manutenção.

No terceiro capítulo é introduzida uma das entidades responsáveis pela realização deste trabalho, a companhia de aviação *Portugália Airlines* – PGA, apresentando-se algumas especificidades relevantes do plano de manutenção da aeronave *Fokker* 100, adoptado pela referida companhia, para a realização deste trabalho. Será também feita também uma breve análise da constituição da frota da companhia.

O capítulo 4, um dos principais deste relatório, visa explicar a implementação da aplicação informática. Inicialmente faz-se uma abordagem do problema, bem como da recolha de informação, introduzindo algumas denominações particulares que auxiliaram na elaboração da aplicação. Serão apresentadas todas as variáveis e propriedades em questão com o intuito de facilitar a apreensão fácil da metodologia implementada.

No capítulo 5 será feita a análise de resultados, bem como a discussão da exequibilidade do plano de manutenção proposto.

As conclusões e recomendações relativas à totalidade do trabalho e as propostas para trabalhos futuros são apresentadas nos capítulos 6 e 7, respectivamente.

2 Estado da Arte

2.1 A Evolução MSG (Maintenance Steering Group)

Evolução dos Programas de Manutenção

No início da aviação, os programas de manutenção baseavam-se na informação existente, assentando sobretudo em tarefas de manutenção correctiva.

Remontando ao período de 1930 até à Segunda Guerra Mundial, períodos em que a indústria não era baseada em procedimentos mecanizados, o tempo de inactividade do avião não assumia grande importância, existindo uma displicência relativamente à gestão de custos. A única manutenção sistemática praticada consistia em simples rotinas de manutenção, limpeza e lubrificação. Segundo o pressuposto de que todas as peças estariam sujeitas a desgaste, resultando numa posterior redução de segurança, todos os equipamentos estavam sujeitos a desmontagens periódicas e consequente substituição. Este tipo de manutenção preventiva denominava-se ***Hard Time*** **(HT)**. A remoção do item estava normalmente associada a intervalos baseados em Horas de Voo (*Flight Hours*), Ciclos de Voo (*Flight Cycles*) ou calendário.

Com a crescente evolução da indústria aeronáutica, o impacto de um avião parado em reparação levou a uma mudança de filosofia de manutenção, assumindo-se que falhas de equipamento poderiam ser evitadas, introduzindo deste modo o conceito de manutenção preventiva. Contrariamente ao HT, esta forma de actuar permitia a utilização de verificações temporárias, designando-se por ***On Condition*** **(OC)**.

Anos mais tarde, na década de 60, os sistemas de controlo e o planeamento atento da manutenção ganham destaque, após verificar-se a existência de indicadores que representavam um baixo índice de fiabilidade dos reactores e também perante a constatação de inúmeras falhas durante a operação do avião. Cria-se então o conceito de ***Condition Monitoring*** **(CM)**, o qual permite que a falha exista e que com ela seja possível retirar informações relevantes para agir sobre a mesma. Passa a existir uma monitorização constante da taxa de falhas, facilitando o planeamento da manutenção [8].

Como solução para alguma confusão na definição se uma tarefa era OC ou CM, a dada altura surge a necessidade de propor quatro tarefas básicas:

- *Failure Finding* – Uma nova preocupação, causada pela existência de falhas não possíveis de se detectar, caso não fossem procuradas;
- *On Condition* – Igual ao que já havia sido definido;
- *Rework* – Substitui parcialmente o HT e consiste no *overhaul* do componente;
- *Discard* – Substitui a restante componente HT, passando pela simples remoção do componente especificado e descarte deste.

O Percurso: *Overhaul, On Condition* e MSG-2

A verificação dos factos citados anteriormente, em conjugação com o constante desenvolvimento das capacidades técnicas por parte das companhias aéreas, conduziu a que fossem desenvolvidos métodos de decisão lógica para a definição e avaliação das tarefas de um programa de manutenção.

No seguimento destas necessidades, em 1968, elaborado pela *Air Transport Association* (ATA), surge um primeiro diagrama de decisão, em que eram avaliadas as tarefas a incluir no programa de manutenção e onde constava a nova metodologia, denominada por MSG-1 [9]. Os seus princípios assentavam na segurança e na fiabilidade da operação, aplicando-se os conceitos de *Overhaul* e *On Condition*. A primeira frota a ser aplicada o MSG-1 foi o *Boeing* 747 [10].

Tendo em conta o êxito deste projecto aplicado ao 747, anos mais tarde, a ATA, juntamente com os seus parceiros, decidiu actualizar este documento e alguns procedimentos específicos para o 747 foram eliminados. O resultado desta revisão degenerou num documento universal aplicável na elaboração dos programas de manutenção preventiva, tendo sido publicado e conhecido por MSG-2 [11]. Segundo este processo, é feita uma abordagem a cada unidade do avião, sendo-lhe atribuída um dos processos típicos de manutenção, HT, OC ou CM. O MSG-2 começou por ser implementado inicialmente nos aviões das frotas Lockeed-L1011 e *McDonnel Douglas*-DC-10.

Igualmente na Europa, a filosofia MSG-2 ganhou expressão, desenvolvendo-se um documento semelhante designado por *European Maintenance System Guide (EMSG),* o qual incidiu na análise da metodologia das áreas estrutural e zonal do avião [12].

2.2 Metodologia MSG-3

Princípios Orientadores – RCM

Dando continuidade ao MSG-2, o conceito *Reliability Centred Maintenance* (RCM) [13] foi responsável pelo refinamento do processo lógico que conduziu ao MSG-3 [14]. Esta nova filosofia enfatiza o potenciamento do trabalho conjunto entre diferentes entidades do mundo aeronáutico com operadores dos aviões, fabricantes e/ou componentes, tendo havido um esforço combinado entre estas de incorporar implicitamente os princípios do RCM como justificação do desenvolvimento das tarefas de manutenção programada.

O RCM introduziu algumas questões muito pertinentes, nomeadamente a incerteza relativamente ao surgimento de falhas de componentes, quais as causas e consequências das mesmas, quais as implicações que teriam no desempenho dos componentes e como se poderiam prever ou prevenir cada um desses acontecimentos inesperados. Encontrava-se presente a ideia de que a falha de um determinado componente reflectia-se numa condição insatisfatória do funcionamento de um determinado sistema. Deste modo, tendo em conta a condição de que algo era

insatisfatório, implicava a definição prévia de um padrão que permitisse a emissão de uma análise crucial.

Manutenção Orientada para a Tarefa

Na filosofia MSG-3 existe a preocupação em fazer a abordagem à consequência da falha, sendo a análise da mesma conduzida até ao mais alto nível. Deste modo, é implementado um programa de fiabilidade em que se identificam quais as tarefas de manutenção adequadas para prevenir as falhas de sistemas e componentes, cuja ocorrência de falha não é previsível, aplicando-se igualmente para os que não estão sujeitos a manutenção programada, resultando num elevado nível de fiabilidade do sistema.

Advêm desta lógica, três tipos de programas de manutenção:

a. **Sistemas e motores;**
b. **Estruturais;**
c. **Zonal.**

A análise dos três tipos de programa de manutenção origina dois blocos de items: O MSI (*Maintenance Significant Items*) e SSI (*Structural Significant Items*).

Da análise do MSG-3 também se obtêm os grupos de tarefas e respectivos intervalos que constituem o relatório do *Maintenance Review Board (*MRB). O MRB é responsável por emitir um relatório (*Maintenance Review Board Report* - MRBR) em que são indicadas as necessidades mínimas para o programa de manutenção inicial. O MRBR inclui as tarefas e intervalos essenciais a serem aplicados por todos os operadores. Todas as alterações feitas a este relatório serão sujeitos a negociações entre os operadores e as autoridades nacionais. Os objectivos do MRBR são:

- Minimizar os custos da manutenção;
- Assegurar a segurança do avião e a economia das operações;
- Minimizar a deterioração da fiabilidade e segurança;
- Minimizar falhas através de manutenção preventiva.

a. Em concordância com as análises de decisão, no que concerne aos **sistemas e motores**, foram definidas as seguintes tarefas de manutenção que se encontram apresentadas na Tabela 2.1:

Código da Tarefa	Descrição		Objectivo
IN	Inspecção	Termo genérico que representa a análise de um item de acordo com um determinado padrão.	Procura de deterioração na função
LU	Lubrificação	Acção através da qual se procura preservar as capacidades do item no cumprimento da sua função.	Prevenção da falha
SV	Serviços	Acto relacionado com o reabastecimento, drenagem ou carregamento de um fluido líquido ou gasoso.	Prevenção da falha
OP	Verificação Operacional	Ensaios efectuados com o objectivo de verificar a correcta operação de um componente e/ou sistema de um avião.	Procura de falha
FC	Verificação Funcional	Teste quantitativo onde se analisa se o item cumpre as funções para as quais foi concebido.	Procura de deterioração na função
RS	Restauração	Reparação de um determinado item, podendo variar desde uma limpeza, substituição de componentes ou um overhaul completo.	Evitar a falha
DS	Abate	Substituição de partes, geralmente de constituição simples, às quais se possa atribuir com bastante exactidão um determinado tempo de vida.	Evitar a falha

Tabela 2.1 – Operações de manutenção e respectivas abreviaturas [8].

b. Relativamente à parte **estrutural** do avião, a manutenção é necessária devido à sua deterioração, a qual pode dividir-se em três grupos distintos:

- **Deterioração ambiental** - Proveniente de uma interacção química com o clima ou ambiente;
- **Dano acidental** – Ocorre devido a um contacto ou impacto com algo exterior que não faça parte integrante do avião, ou resulta de um erro humano durante o fabrico do componente, sua manutenção ou operação da aeronave;
- **Dano por fadiga** – A aplicação de cargas cíclicas sobre o aparecimento de uma fissura e propagação da mesma.

Para avaliar se ocorreu a deterioração das estruturas dos aviões são definidos três tipos de inspecção:

- **Inspecção visual geral** - Detecta condições insatisfatórias à primeira vista. Poderá ser necessária a abertura ou remoção de painéis de acessos;

- **Inspecção detalhada** - Confere especial ênfase para um pormenor específico, sendo por vezes necessária a limpeza da área a inspeccionar e haver necessidade de recorrer ao uso de luz extra, ou de espelhos, em caso de ângulos menos favoráveis;
- **Inspecção especial**, a qual é denominada deste modo em caso de ser necessário recorrer ao uso de técnicas especiais, nomeadamente a utilização de técnicas não destrutivas.

c. Incluem-se no **programa zonal**, as tarefas de inspecção visual, que não sejam críticas do ponto de vista da segurança**.**

Classificação do Nível de Falha

Relativamente à categorização das falhas segundo as suas consequências, estas são classificadas segundo a análise de MSI´s, obtendo-se a classificação das tarefas de manutenção conforme apresentado na Tabela 2.2:

Categoria	Classificação de tarefa	Descrição
5	***Evident Safety***	Falhas que influenciam directamente a segurança, mas que não são evidentes durante a operação normal da aeronave.
6	***Evident Operational***	Falhas que requerem procedimentos adicionais de operação mas que não influenciam a segurança da aeronave.
7	***Evident Economic***	Falhas com apenas impacto económico.
8	***Hidden Safety***	Falhas que influenciam directamente a segurança, mas que não são detectáveis durante a operação normal da aeronave.
9	***Hidden Non-Safety***	Falhas sem influência na segurança mas que não são detectáveis durante a operação normal da aeronave.

Tabela 2.2 – Tipos de falha.
(Fonte: PMA *Fokker 100*) [15]

Dos diversos tipos de falha, as de categoria 5 e 8, principalmente a de categoria 8, requerem um cuidado muito especial, pondo em causa a segurança da aeronave. Estes tipos de falha sugerem tarefas e procedimentos de manutenção minuciosos, pois o facto de não serem facilmente detectáveis desperta essa especial atenção.

Até à data, revisões do MSG-3 têm sido efectuadas [16]. O documento do MSG3 não permaneceu constante ao longo do tempo. Já por diversas vezes houve actualizações: 1988, 1993,

2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2007, 2009 e 2011. As actualizações tiveram em vista diversas áreas do documento original. As revisões iniciais assentavam numa reestruturação a fim de o tornar mais *user-friendly*, sendo também acrescentados esclarecimentos e orientações adicionais acerca do CPCP.

Operações especiais - CAT II / III

No contexto da segurança é relevante explicar o objectivo das operações CAT II/III que consistem em fornecer um nível de segurança quando se aterra em condições de baixa visibilidade. CAT II/III constitui a parte principal de todas as condições atmosféricas, que também consiste em CAT I, descolagem, parqueamento e condições de baixa visibilidade.

Embora CAT II/III represente um investimento significativo para uma companhia aérea, é a forma mais eficaz de que uma companhia aérea tem de manter a sua programação, durante todo o ano, sem desvios devido à meteorologia. Esses custos acabam por compensar, pois os desvios e indemnizações a passageiros acabariam por sair mais caro ao operador, assim como a degradação da imagem da companhia aérea [16]. Assim, um programa de fiabilidade deve ser desenvolvido para acompanhar, monitorizar e controlar o estado operacional da aeronave em operações CAT II/III e para atingir o melhor desempenho possível do mesmo. Para a operação CAT II/III a aeronave tem de estar certificada para tal, bem como a operadora.

Conceitos de Gestão da Manutenção

Na indústria da aviação, antes que seja realizada a manutenção, foram desenvolvidos três tipos de gestão da manutenção para os itens que operam até falhar. Estes são equipamentos redundantes, unidades substituíveis em linha e requisitos mínimos de despacho de aeronaves.

O conceito de redundância de componentes/sistemas é muito usual no *design* de sistemas, nos quais se necessita um elevado nível de fiabilidade. Quando um dos componentes deixa de funcionar, outro equivalente substitui a função do que se apresenta danificado. A característica única de unidades redundantes afecta também os requisitos de manutenção, ou seja, em alguns casos, quando o instrumento primário falha, este é automaticamente trocado pelo secundário.

O segundo conceito comum usado na aviação é o de Unidades Substituídas em Linha (*Line Replacement Unit* – LRU). Um LRU é um componente/sistema desenhado de tal forma que, as partes que mais falham, podem ser rapidamente removidas e substituídas. Isto permite que o sistema fique apto para funcionar rapidamente sem que se existam atrasos na manutenção [8].

O terceiro e último conceito para minimizar os atrasos em manutenção é o *Minimum Equipment List* – MEL. Esta lista permite que o avião voe com determinados sistemas/componentes inoperativos que não afectem a segurança e operação do avião.

2.3 Manutenção preditiva e Optimização

Poderão existir diversas definições para manutenção preditiva, mas existe uma premissa comum, que é monitorização regular da condição dos componentes, do seu rendimento operacional e de outros sistemas e indicadores da condição operacional, que fornecerão dados relevantes para assegurar o intervalo máximo entre reparações.

Na elaboração dos programas de manutenção, com base nos conceitos de *On-Condition* e manutenção preventiva, existem algumas tarefas cuja incerteza quanto à fiabilidade do componente é um facto presente. São tarefas mais difíceis de se fazer uma previsão e actualmente afiguram-se grandes desafios para o planeamento e programação da manutenção.

A necessidade do aumento da precisão nas previsões de manutenção conduziu ao uso de algoritmos de previsão, baseando-se na combinação entre resultados das inspecções, relatórios de pilotos, manutenções pontuais e programadas.

Optimizar um programa de manutenção e proceder ao seu escalonamento requer a centralização e actualização de toda a informação, fornecendo deste modo uma base para previsão do futuro.

Com a imposição precisa dos constrangimentos a aplicar nos algoritmos, constrangimentos como o tempo padrão de execução, a disponibilidade de manter o avião em terra, a capacidade do espaço físico do hangar, as capacidades dos técnicos de manutenção, ferramentas, entre outros, poder-se-á obter melhorias bastante interessantes a nível económico para as companhias.

Como complemento, técnicas de análise de vibrações, análise de pressões, termografia através da monitorização de imagens infravermelhas de circuitos e motores, análises de viscosidade de óleos, poderão também dar um contributo importante na sedimentação da informação disponível [17].

Além da obtenção dos dados relevantes referidos para elaborar o escalonamento das manutenções, intimamente ligada à manutenção, o parâmetro definido pela razão *Horas Voo/Ciclos voo* (*FH/FC*) fornece uma estimativa da duração dos voos, bem como elemento de previsão para o cálculo das manutenções. Isto aplica-se para as manutenções realizadas ao fim de um número de horas de voo, bem como a manutenções referentes a estruturas baseadas no número de ciclos. Na Figura 2.1 encontram-se representados os parâmetros *FH* e *FC* da frota mundial *Fokker*.

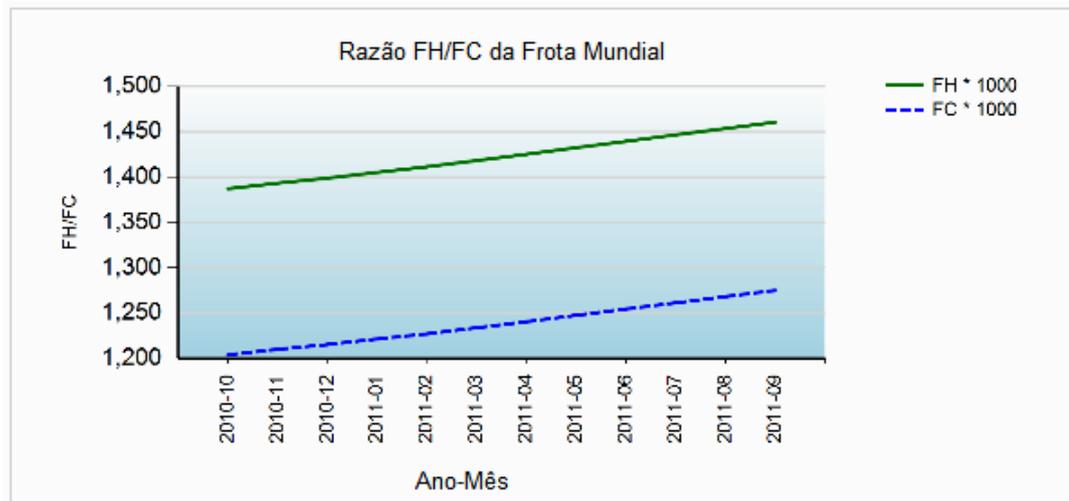



Figura 2.1 – Valores *FH* e *FC* respeitantes à frota mundial
(Fonte: www.myfokkerfleet.com) [18]

Pela análise da Figura 2.1 é possível constatar uma tendência do aumento da razão *FH/FC*, desde 2010-10 até 2011-09. Durante este período, este aumento deveu-se ao facto da maior disponibilidade de voo das aeronaves, consequência da evolução constante no campo da manutenção. A análise da falha, com base no conceito *Condition Monitoring*, tem permitido uma maior flexibilidade relativamente ao uso e conhecimento dos componentes, permitindo alargar cada vez mais as rotas entre os destinos das aeronaves.

2.4 Desenvolvimento do Programa de Manutenção (MSG-3)

Objectivos

De um modo generalista, é possível fazer-se uma breve descrição dos principais objectivos do MSG-3 [19]:

- Garantir a segurança e os níveis de fiabilidade do equipamento;
- Restaurar a segurança e os níveis de fiabilidade, aquando da deterioração;
- Obter informações necessárias para a melhoria do design dos componentes, cuja fiabilidade inerente revela-se insuficiente;
- Atingir todos estes objectivos, minimizando o custo total, incluindo os custos de manutenção e os custos das falhas residuais.

Na Figura 2.2 encontra-se apresentado um fluxograma esclarecedor da filosofia MSG-3.

Is the occurrence of the functional failure Evident to the operating crew during the Performance of normal duties?

YES — Evident Functional Failure

NO — Hidden Functional Failure

Does the functional failure or secondary Damage resulting from the functional Failure have a direct adverse effect on the Operating safety?

Doe s the combination of a hidden functional failure and one additional failure of a system related or back-up function have and adverse effect on Operational safety?

YES — NO

Does the functional failure have a Direct effect on operating capability?

YES — NO

SAFETY EFFECTS

OPERATIONAL EFFECTS

ECONOMIC EFFECTS

SAFETY EFFECTS

NON-SAFETY EFFECTS

Figura 2.2 – Filosofia MSG-3.
(Fonte: Boeing CAS, October 2000) [10]

Dada a complexidade de um programa de manutenção, a clarificação e domínio de alguns conceitos e propriedades, tornar-se-ão fulcrais para a compreensão e perfeito entendimento do capítulo seguinte, onde essas variáveis ganharão especial relevância. Serão apresentadas de seguida algumas dessas noções relevantes.

Constituição

Os subprogramas resultantes da análise dos MSI´s, SSI´s, do programa de certificação da aeronave (CMR), da certificação de componentes (ALI), da certificação a nível nacional (no caso em estudo EASA) e que resultam também da experiência da companhia de aviação, são constituídos por[20]:

- **Cartas de Trabalho (CT)** - Resultam de tarefas incluídas no relatório de MRB e é o local onde constam as instruções definidas nos manuais emitidos pelos fabricantes.
- **Rotinas Complementares (RC)** - Tarefas recomendadas pelos fabricantes ou resultam da experiência da companhia de aviação.
- **Rotinas Especiais (RE)** – Tarefas com origem em AD, DN ou programas CMR e ALI.

Na Figura 2.3 encontra-se apresentada uma carta de trabalho que consta no documento *Job Card Manual* referente à aeronave *Fokker 100*. Neste documento encontram-se dados como o código da tarefa a executar, a sua descrição, zona da aeronave em que se vai realizar, qualificações necessárias para as realizar, bem como a sua duração estimada e o seu intervalo de execução.

TASKNUMBER	ZONE	DESCRIPTION	SKILL	CODE	INTERVAL	
062101-00-01	110	NOSE SECTION	MEC	**	10000 FH	
					MEN	M/H
		ZONAL INSPECTION OF NOSE SECTION, EXTERNALLY.			1	0.2
REFERENCE						
AMM 05-21-00-210-816-A						
A/C REGISTRATION	STATION	DATE				

Figura 2.3 – Carta de trabalho referente à frota *Fokker* 70/100.
(Fonte: *www.myfokkerfleet.com*) [21]

Definição do Critério de Numeração – ATA 100

A ATA 100 (*Air Transport Association Specification Number 100*), é a nomenclatura pela qual as companhias de aviação, neste caso concreto, a empresa *Fokker,* se regem para a produção das suas publicações técnicas [22]. Esta Norma é uma especificação aprovada e utilizada pela maioria dos fabricantes de aeronaves.

Na ATA 100 encontram-se especificadas as normas para apresentação dos dados técnicos produzidos pelo avião, motor e componentes do fabricante. Estas normas foram criadas com o intuito de minimizar custos e esforços dispendidos pelos operadores, tornando compatíveis os dados do fabricante, com as necessidades dos técnicos de manutenção e com quem tiver necessidade de o fazer. No anexo B encontram-se apresentados os capítulos ATA 100.

O número de referência da ATA 100 consiste em três elementos de dois dígitos cada, o **Capítulo, Secção e Assunto**, conforme se pode constatar através do exemplo da Figura 2.4.

Capítulo
Os capítulos referem-se a um sistema completo principal, uma estrutura de componente principal, ou um assunto relacionado com a manutenção e operação do avião.

Assunto
O assunto refere-se a um componente de um (sub-) sub-sistema ou qualquer outra subdivisão desse capítulo.

33 - 42 - 01

Secção
As secções referem-se a um sub-sistema ou a outras subdivisões desse capítulo.

Figura 2.4 – Número de referência da ATA 100.

O sistema ATA-100 divide o sistema principal ou função da aeronave em grupos de capítulos. Na Tabela 2.3 encontra-se ilustrado o modo de como os capítulos do AMM são agrupados.

Secção	Capítulos
Introdução	0
Grupo Geral da Aeronave	5 – 12
Grupo de sistemas	20 - 49
Grupo de Estruturas	51 - 57
Motores	70 - 80

Tabela 2.3 – Capítulos da ATA 100.

Os três primeiros dígitos são da responsabilidade da ATA e os últimos três, referentes a pontos mais detalhados, da responsabilidade do fabricante, como é possível constatar no exemplo da Tabela 2.4:

AMTOSS		
33 - 42 - 01	**Descrição**	**Atribuído por:**
33	Luzes	ATA
33 - 4	Luzes Exteriores	ATA
33 - 42	Iluminação Anti-Colisão	*Fokker*
33 - 42 - 01	Luz de Anti-Colisão	*Fokker*

Tabela 2.4 – Exemplo de nomenclatura atribuída pela ATA 100 e pela *Fokker*.

Classificação AMTOSS

Os itens que constituem o programa de manutenção, em virtude da sua importância, podem ser agrupados em dois grandes grupos, os quais se passam a definir [15]:

I. Itens *Maintenance Planning Document* (MPD) – Itens definidos pelo fabricante que devem ser sempre cumpridos, de acordo com as condições estipuladas pelos fabricantes, ou então, se possível, com algumas alterações mediante acordo prévio do Instituto Nacional de Aviação Civil (INAC).
   O tipo de identificação prevista no MPD é a classificação AMTOSS (*Aircraft Maintenance Task Oriented Support System*) (a).

II. Itens *Portugália* Airlines – Itens resultantes da experiência da PGA. Da necessidade de as diferenciar das CT com origem no fabricante, o último grupo de dígitos apresenta o valor 50 e acima, de forma sequencial (b).

A Tabela 2.5 realça dois exemplos dos itens citados previamente.

	Classificação AMTOSS	Descrição
a)	062101-00-01	*Surveillance inspection of nose section , externally*
b)	050000-00-51	*Check presence of spare logbook on aircraft*

Tabela 2.5 – Exemplos de tarefas AMTOSS e respectiva descrição.

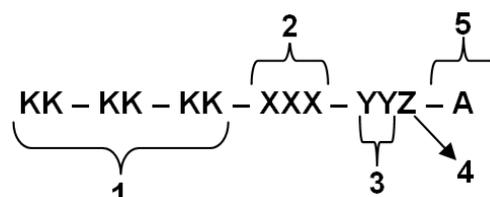
Tarefas AMM

O manual de manutenção de aeronaves (AMM), desenvolvido pelo fabricante, é responsável pela organização das informações necessárias para a aeronavegabilidade ininterrupta do avião.

No caso específico da *Fokker* (MyFokkerFleet 70/100, AMM, Sep 01/11), o AMM encontra-se dividido em cinco secções, sendo cada uma destas secções apresentada como uma tarefa, e consequentemente identificada por um "*task number*". Estas tarefas encontram-se divididas por [21]:

- Tarefas de carácter geral, as quais fornecem informações generalistas;
- Tarefas relativas à organização do manual, as quais oferecem uma explicação de cada nível do manual, uma descrição detalhada do conteúdo técnico, bem como quais os modelos a que o AMM se aplica;
- Tarefas explicativas de como utilizar o manual na prática, fazendo também a interligação do AMM com outros manuais;
- Tarefas descritivas do serviço de revisão;
- Tarefas que listam e descrevem os códigos atribuídos a todos os itens, de modo a oferecer uma rápida leitura do procedimento em questão.

Atenda-se ao seguinte esquema explicativo da nomenclatura das tarefas AMM:

KK – KK – KK – XXX – YYZ – A

Em que:

1 – Elementos ATA 100

2 – Categorias principais

3 – Secções

4 – Número da secção

5 – Identificador da tarefa

A Tabela 2.6 ilustra três exemplos de tarefas AMM e respectiva descrição.

Tarefa AMM	Descrição
21-26-02-400-814-A	*Install the Suction Fan*
23-61-01-400-814-A	*Install the Trailing Static Discharger*
49-41-01-000-814-A	*Remove the Ignition Unit*

Tabela 2.6 – Tarefas AMM e respectiva descrição.

Intervalo das Tarefas de Manutenção

O processo MSG-3 é responsável por grande parte das definições das tarefas de manutenção, no entanto, as companhias aéreas poderão definir os seus próprios intervalos, desde que sejam cumpridos os requisitos das tarefas originais.

A determinação dos potenciais, ou periodicidade de execução das tarefas de manutenção são realizadas em função da existência ou não de *know-how* no momento da elaboração do programa de manutenção. A sustentação na base de experiência prévia em outros tipos de aviões poderá servir de ponto de partida a título comparativo, analisando, numa fase inicial, a periodicidade do ponto de vista económico. Informações adicionais fornecidas pelo fabricante atestam igualmente um precioso conhecimento.

Se por outro lado essa experiência prévia não se verificar, ou novas alterações tiverem sido introduzidas, deverá recorrer-se a especialistas nessa matéria que tenham acesso a todos os dados técnicos relevantes, nomeadamente índices de fiabilidade e funções que permitam estabelecer os requisitos mínimos de segurança de um programa de manutenção.

Evolução de Potencial

A alteração dos intervalos de inspecção está sujeita aos critérios enunciados de seguida:

– Qualquer item referenciado no MRB como *Airworthiness Limitations* (ALI e CMR), somente poderá ser alterado mediante aprovação da entidade certificadora do *Type Certificate Holder*. Se por outro lado forem considerados como mandatários pelo MRB, mas não classificados como *Airworthiness Limitations*, poderão ser alvo de alteração após aprovação do INAC (a verificar-se em Portugal) ou da companhia, caso essa possua essa certificação, necessitando apenas de comunicar ao INAC;

– Qualquer tipo de abordagem mais conservativa, desde que respeite o intervalo previsto no MPD, não necessita de autorização por parte da autoridade aeronáutica.

Tarefas de Preparação e de *Follow-on*

Para o trabalho em questão, segundo a filosofia adaptada pela PGA, a execução de algumas tarefas de manutenção necessitam de determinados procedimentos preliminares, procedimentos adicionais esses que são denominados por tarefas de preparação. Raciocínio análogo é adoptado para os procedimentos posteriores a efectuar, designando-se neste caso por tarefas de *follow-on*.

Na Figura 2.5 apresentam-se dois exemplos de tarefas adicionais aplicadas numa tarefa de inspecção visual.

AMM	Descrição	Notas	Preparação	Follow-on
52-82-01-010-812-A	Open the Inboard Doors		☑	☐
52-82-01-410-812-A	Start the APU after Start with the Aircraft Batteries		☐	☑

Figura 2.5 – Tarefas adicionais aplicadas numa tarefa de Inspecção Visual.
(Fonte: Base de dados – PGA)

Zonas e Painéis de Acesso

Para a aplicação numa aeronave completamente nova, é necessário fazer uma divisão física das áreas da aeronave e, para tal existem um conjunto de regras. As zonas referem-se a secções específicas onde são executadas as tarefas de manutenção.

No caso da aeronave *Fokker 100*, este encontra-se dividido em oito zonas, estando agrupadas em três níveis:

- Zonas principais;
- Zonas sub-principais;
- Zonas detalhadas.

Na Figura 2.6 encontram-se caracterizadas algumas das principais zonas da aeronave *Fokker* 70, similar à aeronave *Fokker 100*.

FOKKER 70 MAJOR ZONE BREAKDOWN

FOKKER 70 MAJOR ZONE BREAKDOWN

ZONE 100 LOWER PART OF FUSELAGE
ZONE 200 UPPER PART OF FUSELAGE
ZONE 300 EMPENNAGE
ZONE 400 POWERPLANTS AND STRUTS
ZONE 500 LEFT WING
ZONE 600 RIGHT WING
ZONE 700 LANDING GEARS AND LANDING GEAR DOORS
ZONE 800 DOORS

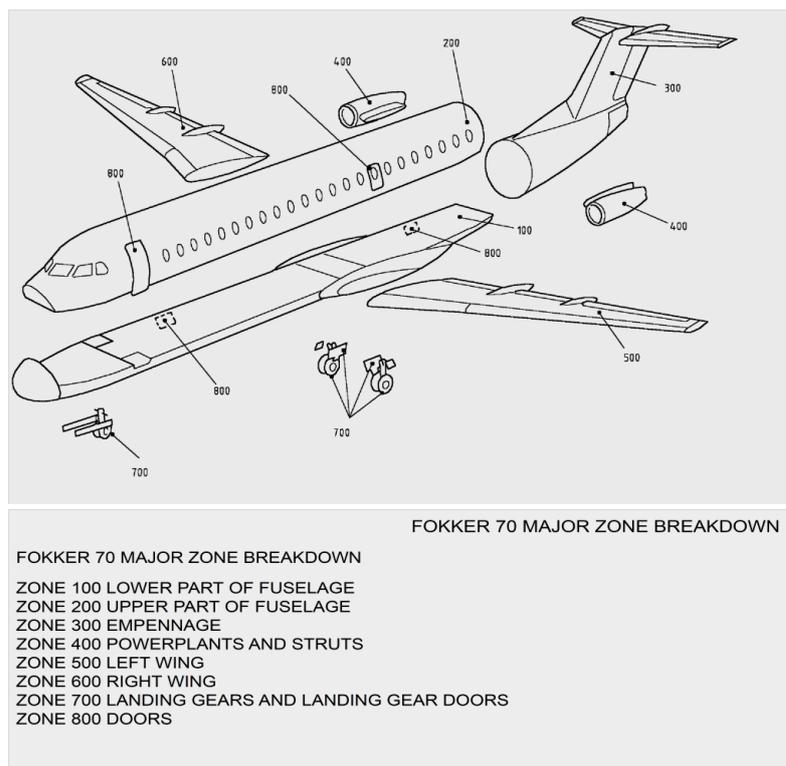
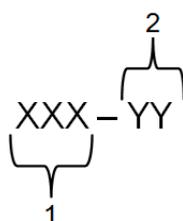



Figura 2.6 – Diagrama representativo de Zonas da aeronave *Fokker 70*
(Fonte*:* www.myfokkerfleet.com) [21]

Relativamente aos painéis de acesso, doravante referidos como "acessos", referem-se a painéis da aeronave, os quais poderão estar sujeitos a remoção quando a execução das tarefas assim o exigir. O tempo de abertura e fecho do acesso está directamente relacionado com a complexidade do mesmo.

A notação dos acessos está organizada do seguinte modo:

$$\underbrace{XXX}_{1} - \overbrace{YY}^{2}$$

Em que:

1 – Dígitos referentes à Zona onde se localizam

2 – Primeira letra é um identificador sequencial da Zona. A segunda letra refere a posição do acesso no avião, como se explica de seguida:

- **T -** *Top*
- **TC** - *Top Centre*

- **B** - *Bottom*
- **BC** - *Bottom Center Line*
- **L -** *Left Hand*
- **R -** *Right Hand*
- **Z** – *Internal*

Atenda-se à Tabela 2.7 onde se apresentam dois exemplos de acessos da aeronave *Fokker 100*.

Acesso	Descrição
337 AL	Estabilizador Vertical – Lado Esquerdo
339 ER	Tubo Anti-Gelo – Lado Direito

Tabela 2.7 – Acessos e respectiva descrição

Observe-se a Figura 2.7, na qual estão representados os acessos do estabilizador vertical através da sua notação:

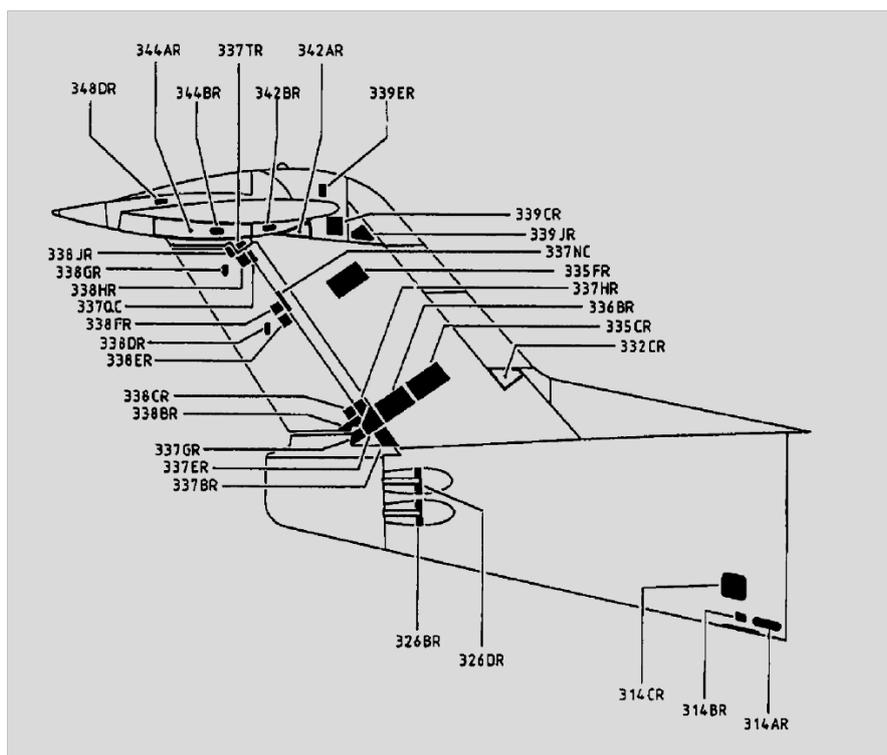



Figura 2.7 – Estabilizador vertical com respectivos acessos da aeronave *Fokker 100*
(Fonte: www.myfokkerfleet.com) [21]

3 Caso de Estudo: PGA *Portugália Airlines*

3.1 A Organização

PGA *Portugália Airlines*, companhia aérea regional europeia, começou a operar em 1990. O primeiro voo oficial ocorreu nesse ano entre Lisboa e Porto, seguindo-se a rota Lisboa/Faro. Em Junho de 1992, a PGA voou pela primeira vez para uma rota internacional. Em 1993 a frota total de seis *Fokker* F28 Mk 100 ficou concluída e em 1997 recebeu o primeiro do total de oito aeronaves *Embraer* ERJ-145.

Em meados de 2007, a PGA integra o Grupo TAP, membro da *Star Alliance*, assumindo uma nova filosofia de trabalho e alugando as suas aeronaves à TAP, fornecendo toda a manutenção e seguro para a aeronave e respectiva tripulação. Por outro lado, a TAP é responsável por toda a logística de passageiros em terra, manuseamento e seguro de bagagem, oferecendo também o código de voo. Todas estas medidas permitiram à TAP reforçar a sua posição no mercado aeronáutico.

3.2 A Frota

A diferença entre as duas aeronaves, nomeadamente a autonomia de voo, será motivo suficiente para alterar a razão *FH/FC* da aeronave. Em 2006, os aviões *Fokker 100* passaram de 14.000 para 20.000 *FH* / ano, o que demonstra o crescimento dos serviços prestados pela PGA, e, por sua vez, a necessidade de incremento e optimização na execução da manutenção.

Na Tabela 3.1 encontram-se apresentadas as principais características das aeronaves constituintes da frota PGA, as quais são identificadas por uma matrícula e pela atribuição de um nome. Todas as aeronaves possuem também um *Serial Number* (S/N) que as distingue entre as inúmeras aeronaves existentes.

Observe-se na Figura 3.1 a ilustração de duas das catorze aeronaves da frota da PGA.

Figura 3.1 – *Fokker* 100 (esquerda) e *Embraer* 145 (direira)

Características	***Fokker 100***	***Embraer* 145**
Nº de aeronaves	6	8
Nº Motores	2 (*Rolls-Royce Tay* 650-15)	2 (*Allison AE3007A1/1*)
Capacidade (Cabin layout)	97 pax	49 pax
Comprimento	35,53 m	29,87 m
Envergadura de asa	28,08 m	20, 04 m
Velocidade máxima	800 km/h	830 Km/h
Altitude máxima	10600 m	11300 m
Autonomia de Voo	3600 km	2400 Km
Capacidade máxima de Combustível	12800 l	5200 l

Tabela 3.1 – Frota *Fokker 100* e *Embraer* 145 da PGA e principais características [23].

Em 2010, na companhia aérea PGA, o valor da razão *FH*/*FC* foi de aproximadamente 1.65 para a aeronave *Fokker 100* e de 1.40 para a aeronave *Embraer* 145.

Na Figura 3.2 é visível, que de um modo geral, o modelo 100 da aeronave *Fokker* é o mais utilizado, face aos outros modelos, devido à sua superior autonomia e capacidade de transporte de passageiros. Somente no Continente africano, os modelos 50 e 60 têm maior expressão devido à sua simplicidade de manutenção não exigir excessivos recursos tecnológicos.

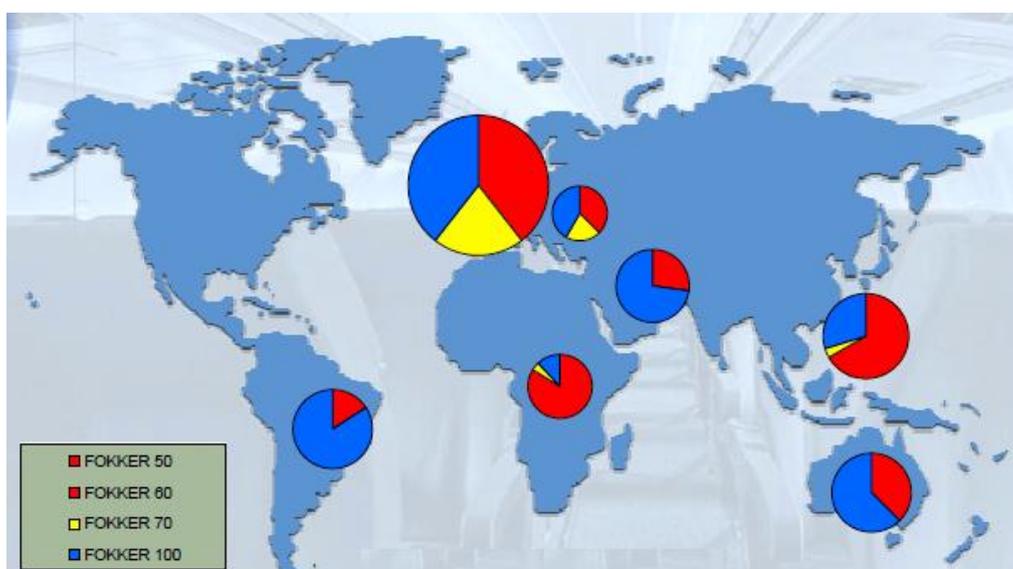



Figura 3.2 – Maior concentração da Frota Fokker 50/60/70/100 em serviço.
(Fonte: *www.myfokkerfleet.com*) [18]

3.3 PMA – *Fokker 100*

Critérios de Agrupamento

Os parâmetros que regem os intervalos máximos para inspecção/reparação de Sistemas/Unidades ou de partes estruturais podem ser controlados de acordo com:

Horas de voo (FH): Define-se como o intervalo de tempo acumulado, arredondado às horas, entre o momento em que o trem de aterragem do avião descola do chão até voltar a tocar novamente no mesmo.

Ex: *5000FH* – Trabalho que tem de ser executado todas as 5000 *Flight Hours*.

Ciclo de voo (FC): Um ciclo é a uma sequência desde que o trem de aterragem do avião descola do chão até voltar a tocar novamente no mesmo.

EX: *1200FC* - Trabalho que tem de ser executado todos os 1200 *Flight Cycles*.

Tempo de Calendário

Encontra-se classificado mediante os seguintes códigos:

D - Dias
M - Meses
Y - Anos

Tendo em conta os parâmetros supracitados, com o intuito de facilitar o planeamento dos trabalhos a executar e de rentabilizar a abertura de acessos e períodos de imobilização, são definidos os "pacotes" de inspecção que se passam a enunciar de seguida.

Check Tipo

***Threshold*:** Intervalo entre o início de operação da aeronave e a 1ª inspecção. O início entre inspecções será o calculado, por exemplo, somando o intervalo calculado entre inspecções ao tempo do penúltimo tipo inspecção. Existem mais algumas formas de calcular o *threshold*, sendo que todas terão o objectivo de fazer pelo menos uma inspecção antes do tempo correspondente ao limite mínimo do tipo de inspecção a efectuar.

Inspecção *1st Flight:* Trata-se da inspecção do primeiro voo do dia, introduzida pela PGA, a qual engloba tarefas sobretudo de inspecção externa, nomeadamente a avaliação de existência de danos estruturais, quer a nível de corrosão, quer a nível de contaminação de impurezas. Entre outras,

é também feita uma inspecção externa ao depósito de combustível bem como a verificação da pressão dos pneus.

Inspecção Diária: Esta inspecção é feita uma vez por dia e baseia-se em tarefas MPD, sendo a sua execução da responsabilidade da direcção de manutenção e engenharia (DME). É uma inspecção extensa e detalhada que visa garantir o bom funcionamento dos principais componentes e estruturas da aeronave.

Inspecção Semanal: Inspecção idêntica à inspecção diária, incluindo mais algumas operações de Servicing e testes operacionais provenientes do MPD. Esta inspecção é cumprida após 8 dias de serviço ou 65 FH, o que ocorrer primeiro.

***Check* Tipo A**: Refere-se a tarefas com intervalos de 500 FH, bem como a outras de potencial adequado. Este *Check* é formado por 6 pacotes como se pode observar na Tabela 3.2:

***Check* Tipo**	**Intervalo (FH)**
1A	500
2A	1000
3A	1500
4A	20000
6A	3000
12A	6000

Tabela 3.2 – *Checks* A.

DRF 4000: Refere-se a tarefas com intervalos de 4000 FH, bem como a outras de potencial adequado.

***Check* Tipo C:** Refere-se a tarefas com intervalos de 5000 FH, bem como a outras de potencial adequado. Este *Check* é formado por 2 pacotes como se pode observar na Tabela 3.3:

***Check* Tipo**	**Intervalo (FH)**
1C	5000
2C	10000

Tabela 3.3 – *Checks* C.

***Check* Tipo D:** Refere-se a tarefas com intervalos de 12000 FH ou 6 anos, o que ocorrer primeiro, bem como a outras de potencial adequado. Este *Check* é formado por 2 pacotes como se pode constatar na Tabela 3.4.

***Check* Tipo**	**Intervalo (FH)**
1D	12000
2D	24000

Tabela 3.4 – *Checks* D.

As inspecções C e D são consideradas manutenção de base. Para uma melhor distribuição das cargas de trabalho pelos diversos pacotes de inspecção, o programa pode considerar a sua equalização, podendo existir uma perda de potencial, mas nunca excedendo os intervalos especificados.

Na Tabela 3.5, em condições normais, ou seja, considerando os intervalos originais das tarefas, encontram-se apresentados os possíveis intervalos das tarefas AMTOSS, constituintes de cada um dos 12 pacotes dos *Checks* A.

Pacote	**Intervalos AMTOSS**
A1	1A
A2	1A; 2A
A3	1A; 3A
A4	1A; 2A; 4A
A5	1A
A6	1A; 2A; 3A; 6A
A7	1A
A8	1A; 2A; 4A
A9	1A; 3A
A10	1A; 2A
A11	1A
A12	1A; 2A; 3A; 4A; 6A; 12A

Tabela 3.5 – Intervalos das Tarefas AMTOSS constituintes dos 12 pacotes dos *Checks* A.

Manutenção de Motores e APU

No que respeita aos motores e *Auxiliary Power Unit* (APU), o programa de manutenção está de acordo com os requisitos definidos pelo fabricante, neste caso seguem os requisitos definidos no *Engine Maintenance Program* (EMP), elaborado pela *Rolls-Royce*.

Relativamente à manutenção dos motores “*On Condition*”, é realizada uma revisão geral da zona quente e efectuado um restauro parcial dos acessórios aos 10000 FC. Aos 20000 FC é feita a

revisão geral dos módulos, substituem-se as peças de vida limitada e faz-se o restauro dos acessórios.

Relativamente à APU, a todas as 4000 horas de utilização da mesma, é efectuada uma inspecção à zona quente.

3.4 Carga Horária

Check Tipo A

Relativamente às 165 tarefas AMTOSS que compõem os 12 pacotes do *Check* A, é notável alguma discrepância a nível de tempo de execução de cada pacote. O tempo total do *Check* A é de 937 horas, apresentando-se o pacote A4 como o mais demorado com um tempo de execução de 115 horas, conforme se pode observar na Figura 3.3. Por outro lado, o pacote que apresenta menor tempo de execução é o pacote A6, com o valor de 28 horas.

Para o presente trabalho e tendo em conta que as tarefas adicionais representam uma ínfima parte do tempo total de manutenção do *Check* A, esta componente desprezou-se contabilizando-se apenas o tempo de abertura/fecho dos acessos e o tempo das tarefas AMTOSS.

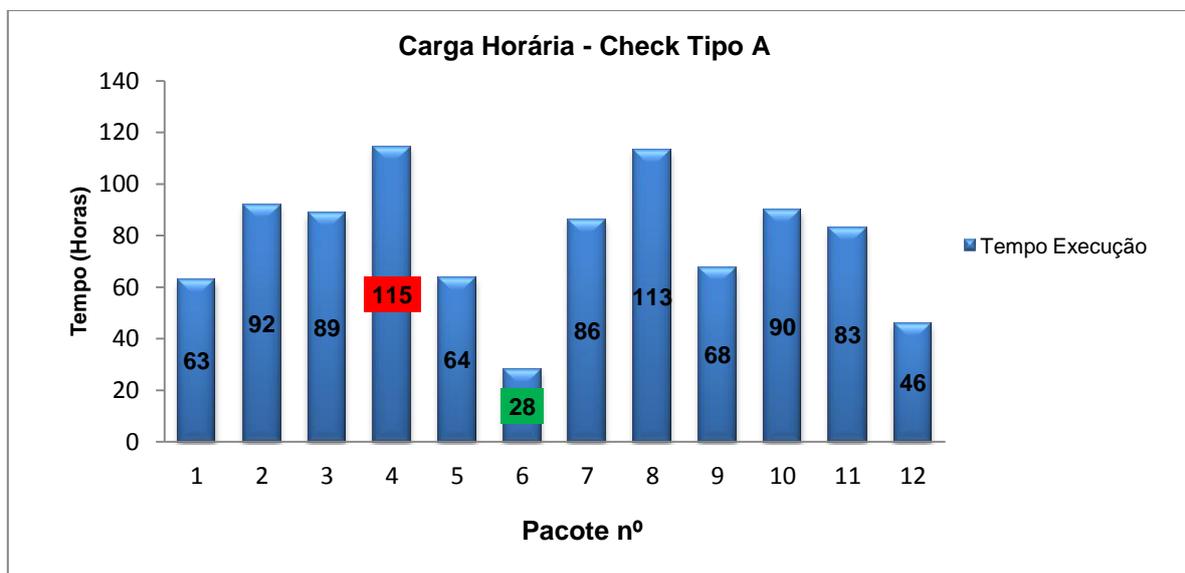



Figura 3.3 – Distribuição da carga horária pelos 12 pacotes de manutenção.

Contribuição parcial

Relativamente à contribuição de cada uma das parcelas relevantes do tempo total de manutenção que compõe o *Check* A, o tempo de abertura/fecho dos acessos contribui com 30%, assumindo a principal componente as tarefas AMTOSS com um valor de 70%, conforme se pode observar na Figura 3.4.

No *Check* A, o tipo de manutenção não requer, na maior parte dos casos, tarefas de preparação/*follow on*, daí se suprimir esta contribuição para o estudo em questão.

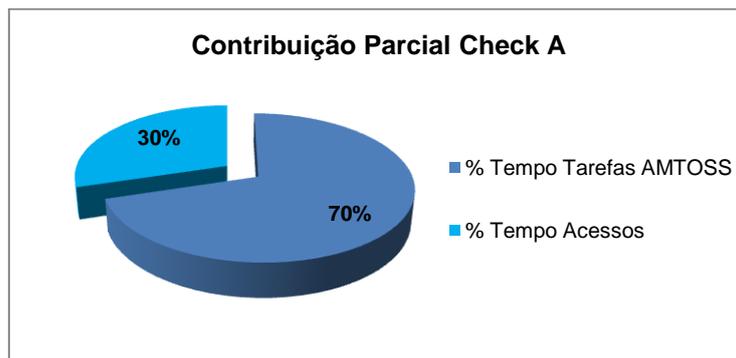



Figura 3.4 – Contribuição das parcelas relevantes no *Check* A.

Para melhor se compreender o cenário de cada um dos 12 pacotes, atenda-se à Figura 3.5, na qual se encontra ilustrado, sob a forma de gráfico, a contribuição horária das tarefas AMTOSS e dos 158 acessos distintos existentes em cada um dos pacotes. Pode verificar-se que é no pacote A4 que o tempo das tarefas AMTOSS toma o seu maior valor de 83 horas, ocorrendo o menor valor no pacote A6 com 19 horas. Relativamente aos acessos o seu maior valor ocorre no pacote A8 com 33 horas, ao invés do pacote A6, em que a contribuição é de apenas 9 horas.

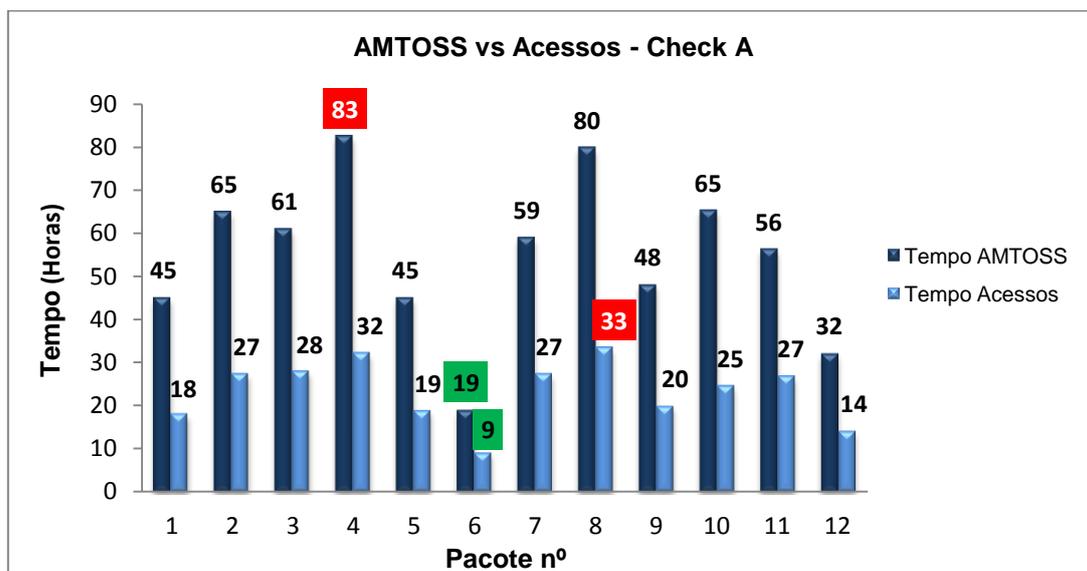



Figura 3.5 – Contribuição Tarefas AMTOSS vs Acessos no *Check* A.

DRF 4000

Para todas as 53 tarefas DRF 4000, realizadas num intervalo espaçado de 4000 *FH*, a aeronave pára exclusivamente para a realização desta manutenção, sendo a sua duração total de 75 horas. Neste caso, conforme se pode observar na Figura 3.6, o maior consumo de tempo ocorre na execução das tarefas adicionais, bem como na abertura/fecho dos 105 acessos distintos, com um peso de 42% e 40% respectivamente. Relativamente às tarefas AMTOSS, estas são as mais rápidas de executar, contribuindo com 18%.

Contribuição Parcial - DRF 4000

18%
42%
40%
% AMTOSS Tasks Time
% Access Time
% Additional Tasks Time

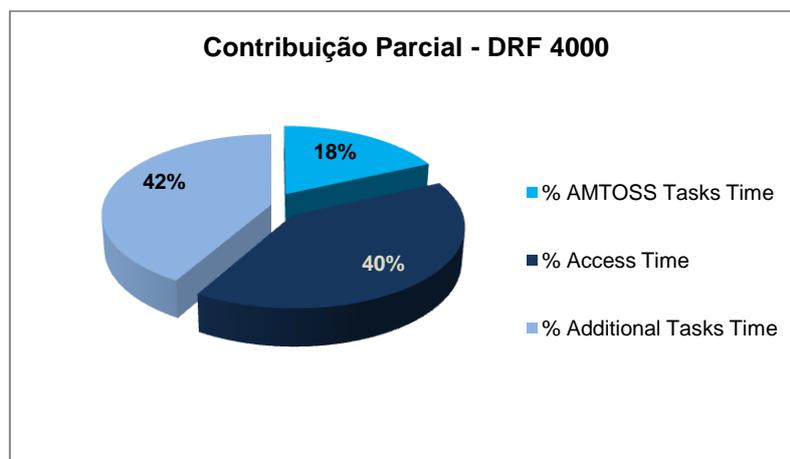



Figura 3.6 – Contribuição parcial das 3 parcelas constituintes do *Check* DRF 4000.

A título de exemplo, na Figura 3.7, com o intuito de clarificar o tipo de tarefas DRF 4000 de que se está a tratar, será apresentada uma tarefa AMTOSS e as suas respectivas tarefas adicionais.

AMTOSS 323300-00-02
Descrição FUNCTIONAL CHECK OF LANDING GEAR ALTERNATE CONTROL
Tarefas Adicionais:

AMM	Descrição	Preparação	Follow-on
07-11-00-582-812	Lift the Aircraft with Jacks	☑	☐
07-11-00-582-822	Lower the Aircraft	☐	☑
29-00-00-862-812	Supply Hydraulic Pressure With the Test Cart	☑	☐
29-00-00-862-822	Release the Hydraulic Pressure and Remove the Test Cart	☐	☑

Figura 3.7 – Exemplo de Tarefa AMTOSS DRF 4000.

Relativamente à tarefa AMTOSS, “*Functional Check of Landing Gear Alternate Control*”, a qual consiste em sucessivos testes ao trem de aterragem, nomeadamente aos sistemas de pressão hidráulica, esta tarefa tem a duração de aproximadamente 1 hora. Por outro lado, a tarefa adicional mais relevante de preparação, a de colocar o avião no ar por intermédio de macacos hidráulicos

demora 1h30m, demorando o mesmo tempo, a tarefa de *follow-on*, para voltar a pô-lo no chão. Só com estas duas tarefas adicionais, o tempo de execução é o triplo da tarefa AMTOSS em questão.

4 Implementação e Desenvolvimento da Aplicação

4.1 Pressupostos

O desafio de tentar optimizar algo existente pode, por vezes, conduzir a um caminho que poderá ser limitador. O facto de se basear num pressuposto particular elaborado por outrem, provido de um pensamento muito próprio e, nalguns casos, de difícil apreensão é razão impeditiva de se tentar novas abordagens, novas metodologias e eventualmente experimentar o sucesso.

Segundo uma outra perspectiva, poder-se-á estar a desperdiçar trabalho e informação útil, sendo possível utilizar o trabalho desenvolvido até então como ponto de partida, resultando eventualmente numa mais-valia para a concretização do objectivo.

Relativamente ao actual plano de manutenção da aeronave *Fokker 100*, no qual a PGA se baseia, apenas é sabida a composição de cada um dos doze pacotes, não existindo acesso ao *software* que criou o PMA. Tendo em conta a referida situação, optou-se por criar uma aplicação baseada nos elementos disponíveis, cujo objectivo consistia na optimização do PMA, incidindo na diminuição do tempo total do mesmo.

Analisando o problema e verificando a existência de inúmeras tarefas, facilmente foi perceptível que seria necessário recorrer a meios informáticos, nomeadamente a um *software* que possibilitasse a sua solução, face às inúmeras variáveis em questão e constrangimentos impostos. Estava lançado o desafio e partia-se agora para uma nova etapa de elaboração de uma aplicação na linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA). A escolha da linguagem VBA prendeu-se sobretudo com o facto de toda a informação estar registada na base de dados no *Microsoft Office Access* [25], a qual permite também um acesso e interacção fáceis com a base de dados, sendo uma linguagem totalmente orientada para objectos.

4.2 Elementos da Aplicação

Fontes de Informação

O Gabinete de Engenharia – Apoio Técnico (EAT) da PGA teve um papel determinante na disponibilização e explicação de toda a informação necessária para a elaboração da aplicação.

No PMA da aeronave *Fokker 100* encontram-se descritas todas as tarefas AMTOSS e AMM, com os respectivos intervalos atribuídos pelo MPD e pela PGA, assim como o *Threshold*. Este manual serve também de referência para consulta de uma descrição geral da tarefa AMTOSS, de qual programa ou subprograma resultou a sua origem, fornece uma estimativa do tempo de execução da tarefa traduzida pelo indicador Homem-Hora (M-H) e qual a qualificação necessária do técnico de manutenção para executar as tarefas, bem como a zona onde se realiza e, a qual ou a quais

aeronaves se aplicam. Na Figura 4.1, a título de exemplo, encontram-se apresentadas duas inspecções do PMA *Fokker 100*.

AMTOSS	DESCRIPTION	CATEGORY		INTERVAL			M/H	SKILL	ZONE	REFERENCES	EFFECTIVITY
				THRESHOLD	MPD	PGA					
521103-00-04	**PAX DOOR LOCK. MECH.** DETAILED INSP. OF PAX DOOR LOCK PLUNGER ROLLER & CAM PLATES **NOTE:** PAX DOOR TO BE OPENED.	IN	**PROGRAM:** MSI **SUB-PROG:** N/A	N/A	12000 FH	1 D	0,2	MEC	261	PMI TASK: AMM 52-11-00-210-826	CS-TPA CS-TPB CS-TPC CS-TPD CS-TPE CS-TPF
521103-00-07	**PAX DOOR LOCK. MECH.** FUNC. CHECK OF PAX DOOR LATCHING & LOCKING MECHANISM **NOTE:** LINNING OF UPPER TORSION BOX OF DOOR OPENED TO BE REMOVED. **NOTE:** PAX DOOR TO BE OPENED.	FC	**PROGRAM:** MSI **SUB-PROG:** N/A	N/A	5000 FH	4 A	0,3	MEC	131 261	PMI TASK: AMM 52-11-00-720-815	CS-TPA CS-TPB CS-TPC CS-TPD CS-TPE CS-TPF

Figura 4.1 – Tarefas contidas no PMA – *Fokker* 100
(Fonte: PMA *Fokker* 100) [21]

No manual do fabricante, disponível mediante consulta à referência [21], pode encontrar-se informação complementar mais detalhada, nomeadamente as instruções necessárias para se proceder à execução da tarefa, todos os procedimentos de preparação e *follow-on*, os acessos e zonas onde se realizam, o material e ferramentas necessárias, sendo todas as operações acompanhadas de esquemas ilustrativos. Relativamente ao material, este é identificado por uma referência designada por *Part Number* (P/N), a qual é formada por uma sequência lógica de caracteres alfanuméricos.

Conceitos e Denominações Introduzidas

Durante a elaboração do código da aplicação em VBA, aquando da elaboração de algumas tabelas e relações entre as mesmas denominadas por *queries*, sentiu-se necessidade de criar alguns conceitos com uma denominação muito própria, os quais se passam a enunciar:

- **Ciclo de Manutenção:** Esta designação representa cada paragem da aeronave, espaçada de 500h em 500h de voo para realizar manutenção. Para um tempo de vida útil da aeronave *Fokker 100* estimado em 40 anos (devido à limitação imposta pela fuselagem) e, com os dados fornecidos de uma média de 270h/mês de voo na PGA, segundo a Equação 4.1.

$$\frac{\left[\frac{\boldsymbol{Horas\ de\ voo}}{\boldsymbol{Ano}}\right]\times[\boldsymbol{N^o\ anos}]}{\boldsymbol{Intervalo\ Paragem\ [FH]}} = \boldsymbol{N^o\ Ciclos\ Manutenção} \qquad \textbf{(4.1)}$$

Em que:

$\frac{\text{Horas de voo}}{\text{Ano}} = 3240[\frac{\text{h}}{\text{ano}}]$

$\text{Nº anos} = 40[\text{Anos}]$

Intervalo Paragem =500[FH]

Obtém-se ≅ 260 [Ciclos Manutenção]

- ***Offset:*** Designação utilizada para representar a deslocação de uma tarefa AMTOSS para outro pacote de manutenção. A referência é a origem, ou seja, o momento inicial em que o avião levanta o trem de aterragem do chão. Se por exemplo uma tarefa tiver um *Offset*=3 e intervalo=4A, significa que esta se encontra no pacote A3, A7 e A10 de manutenção.

- **Nível de Cobertura de Acessos:** Parâmetro que representa a partilha de acessos comuns entre dois quaisquer pacotes de manutenção, sob a forma de percentagem e é dado pela Equação 4.2:

$$\frac{\text{Nº Acessos Partilhados}}{\text{Nº Total de Acessos}} = \textbf{\textit{Nível de cobertura de acessos}} \qquad \textbf{(4.2)}$$

O nível de cobertura de uma tarefa consigo própria é igual a 100%.

Registo e Organização de Dados

A informação necessária para a criação da aplicação encontra-se armazenada em tabelas da base de dados do *Access*, tabelas essas que se relacionam entre si por intermédio de *queries* e por funções criadas no código. Conforme referido, o objectivo de usar a linguagem VBA consiste em relacionar os campos pretendidos de diferentes tabelas, aproveitando deste modo uma sinergia interessante entre as mesmas. Para clarificar o problema, passa-se a ilustrar as principais tabelas e os campos que as compõem.

Master Tarefa

MasterTarefa
ID
AMTOSS
AMM
Descricao
MH
Men
Intervalo
Offset

Tabela que contém os campos que caracterizam as tarefas AMTOSS. Pode assumir-se como a tabela que se encontra no 1º nível e que está ligada às tabelas de 2º nível e estas consequentemente às de 3º nível e assim sucessivamente.

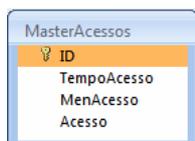
Master Acessos

MasterAcessos
ID
TempoAcesso
MenAcesso
Acesso

Tabela onde constam os acessos respeitantes a todas as tarefas, bem como o tempo de abertura/fecho dos mesmos. O campo *Men-Acesso* assume-se sempre igual a 1, por se considerar 1 técnico de manutenção por abertura/fecho de cada acesso.

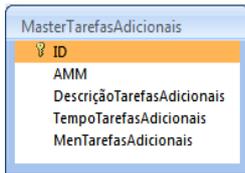
Master Tarefas Adicionais

MasterTarefasAdicionais
ID
AMM
DescriçãoTarefasAdicionais
TempoTarefasAdicionais
MenTarefasAdicionais

Tabela referente às tarefas adicionais de preparação e *follow-on,* bem como as respectivas características. Conforme foi referido, para o problema em questão, o tempo de execução das tarefas adicionais será desprezado para efeitos de cálculo, visto a sua contribuição ser muito reduzida nos *Checks* A do PMA.

Uma das partes iniciais e fundamentais deste trabalho consistiu exactamente na construção e actualização de tabelas e organização da base de dados nas instalações da PGA. Foi acrescentada informação relevante em todas as cartas de trabalho (JC), quer nos *Checks* A, quer nas tarefas DRF 4000, nomeadamente foi acrescentada informação referente a material e ferramentas necessários para a execução de cada uma das tarefas AMTOSS, tarefas de preparação e de *follow-on*. Toda a informação adicional acrescentada será útil no futuro para uma melhor preparação de todas as tarefas de manutenção, permitindo organizar atempadamente as ferramentas e materiais essenciais, com vista a optimizar o tempo de manutenção do PMA.

4.3 Estrutura da Aplicação

Propriedades ou Variáveis

Apresentam-se de seguida as propriedades principais utilizadas na elaboração do código. Com o intuito de simplificar a programação, as variáveis foram definidas de modo a caracterizarem o máximo número de funções possível:

- **ID:** A cada um dos campos das tabelas é atribuído aleatoriamente pelo *Access* um identificador (ID) numérico que os caracteriza, através do qual se faz a ligação às outras tabelas. Esta identificação manter-se-á imutável ao longo de todo o programa.
- **Descrição:** Caracteriza uma função, atribuindo-lhe uma designação e é do tipo *String.*
- **Tempo:** Conforme o nome indica, representa o tempo (em minutos) necessário para elaborar determinada operação e é do tipo *Integer*.
- **Período Máximo:** Representa o limite superior do intervalo de cada tarefa AMTOSS e é do tipo *Integer*.
- **Período N:** Representa o intervalo de uma tarefa AMTOSS, podendo ou não coincidir com o seu intervalo máximo, a verificar-se, neste último caso, aquando da existência de redução de intervalo.
- ***Offset*:** Representa a transladação de uma tarefa, originalmente executada num determinado pacote, para outro. Este parâmetro tem como valor de referência o instante zero.
- **Lista de Acessos:** Conjunto de acessos necessários para a execução de uma tarefa.

Módulos de Classe

Por motivos de organização de programação, foram criados “Módulos” que servem para armazenar códigos de procedimentos e códigos de funções e foram também criadas “Classes de Módulos”, sendo uma classe um descritor genérico de objectos com propriedades e funções bem definidas, as quais se encontram representadas na Figura 4.2.

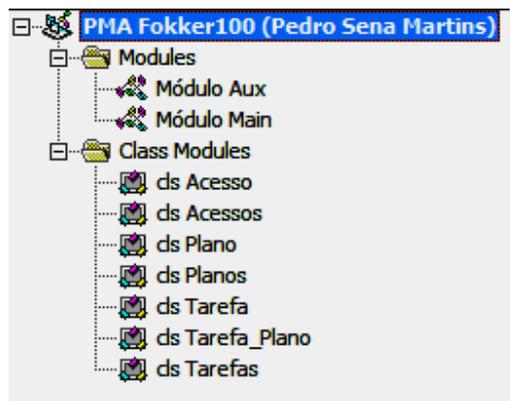



Figura 4.2 – Estrutura da aplicação desenvolvida em VBA

De seguida explicar-se-ão os módulos e classes de módulos criadas, onde se encontra toda a programação desenvolvida.

- **Classe Acesso –** É Definida pelas seguintes propriedades: *ID*, *Descrição* e *Tempo*.
- **Classe Acessos –** Conjunto de funções cujo objectivo é criar uma lista de acessos com suas respectivas propriedades.
- **Classe Tarefa –** É Definida pelas seguintes propriedades: ID; Descrição; Tempo; Período. Máximo; *Offset*.
- **Classe Tarefas –** Conjunto de funções cujo objectivo é criar uma lista de tarefas e respectivos acessos associados, ambos com suas respectivas propriedades, ficando esta lista guardada em memória para posteriormente ser utilizada.
- **Classe Plano –** Conjunto de funções, cujos objectivos por etapas podem definir-se em:
  - Criar uma lista de tarefas caracterizadas pelas suas propriedades;
  - Associar acessos às respectivas tarefas;
  - Declarar o número de tarefas listadas no plano;
  - Definir “função custo” (tempo total do ciclo).
- **Classe Planos –** Nesta classe encontra-se definida a metodologia utilizada para criar um plano de manutenção, a qual encontra-se detalhada na secção “Descrição da Metodologia Implementada”.
- **Classe Tarefa_Plano –** Representa uma tarefa pertencente a um plano de manutenção específico gerado. É Definida por: ID; Período N; *Offset*.

Módulos Principais

- **Módulo Main –** Representa a função principal e é neste módulo que são controlados todos os outros módulos.
- **Módulo Aux –** Módulo utilizado para ordenar ou filtrar acessos pela ordem desejada, neste caso, por ordem decrescente de tempo.

Descrição da Metodologia Implementada

Para concretização dos objectivos de diminuir o tempo de manutenção do PMA e respectiva equalização, a metodologia implementada consiste em transferir acessos de um pacote de manutenção para outro anterior, transferindo-se consequentemente as tarefas associadas a esses acessos. Os acessos que serão possivelmente transferidos serão aqueles que, num determinado pacote de manutenção, se encontrem igualmente no pacote de manutenção inferior. A lógica é aproveitar aquilo que já foi feito num nível anterior e não ter de tornar a fazê-lo, começando preferencialmente pelos acessos cujo tempo de abertura/fecho é mais demorado, tendo deste modo, à partida, melhores resultados na optimização.

Para alcançar o objectivo, começa-se por criar um plano de manutenção, denominado por Plano Actual. Este Plano Actual é criado com base na informação das tabelas existentes na base de dados e reflecte a actual filosofia utilizada pela PGA, ou seja, o PMA do *Fokker 100*. Este plano, conforme descreve a "classe plano", é constituído por tarefas caracterizadas pelo ID, período e *Offset,* bem como pelos respectivos acessos, sendo a base ou ponto de partida do estudo da optimização. Seguidamente é criada uma cópia do plano Actual, o qual é denominada por Plano Clone. É neste plano que são efectuadas e testadas as trocas de acessos e tarefas para outros posicionamentos no plano de manutenção.

O estudo inicia-se no pacote 12, acabando no pacote 2, visto no pacote 1 não ser possível efectuarem-se quaisquer trocas. Através do Plano Clone, extrai-se a lista de acessos utilizados em todas as tarefas do pacote 12 e posteriormente cria-se uma lista com os acessos comuns relativos ao pacote imediatamente inferior, o pacote 11, sendo essa lista posteriormente analisada. A título de exemplo, para uma melhor compreensão do problema, aplicar-se-á a metodologia entre o pacote 12 e o pacote 11.

Da lista de acessos comuns ao pacote inferior (neste caso o 11), aplicando para um dos acessos, neste caso o acesso 123 AB, identificam-se todas as tarefas no pacote 12 que recorram a este acesso e transferem-se as tarefas para o pacote inferior 11. É então testada esta transferência através da função custo, avaliando por comparação entre os 2 planos, se houve ou não uma diminuição do tempo total do novo plano de manutenção. Poderá ocorrer uma de duas hipóteses:

a) Se existir uma melhoria (custo plano clone < custo plano actual), o plano clone passa a ser o plano actual, o ciclo recomeça no pacote 12, aplicando a metodologia previamente descrita ao acesso seguinte.

b) Caso contrário, se a alteração provocar um aumento do tempo do plano, serão tomados os seguintes passos: O acesso e tarefas testadas voltam a ser posicionados na posição inicial e vão-se testar as outras hipóteses, ou seja, com base na lista de todas as tarefas designadas por **(A,B,C)** no diagrama lógico que partilham o acesso “1 st Access” é criada uma nova lista de acessos “Access List 2”. Desta lista de acessos volta-se a filtrar apenas os acessos comuns entre o pacote 12 e o pacote 11 “Access Filtered List 2” e, posteriormente, é criada uma nova lista de tarefas designada por **(D,E)** que partilhem esses acessos. Incidindo novamente noutro acesso, transferem-se as tarefas associadas ao mesmo, voltando-se a testar e, se melhorar, volta-se novamente para o pacote 12. Se não melhorar, o procedimento é o da situação análoga descrita anteriormente.

   Este ciclo termina quando se chegar ao ponto em que deixa de existir contaminação de acessos, ou seja, quando uma tarefa deixa de trazer acoplada consigo mais acessos distintos, passando a aplicar-se novamente toda a metodologia desde o início, ao acesso seguinte.

De acordo com o diagrama lógico da Figura 4.3, onde se encontra ilustrada a metodologia, passa-se a explicar:

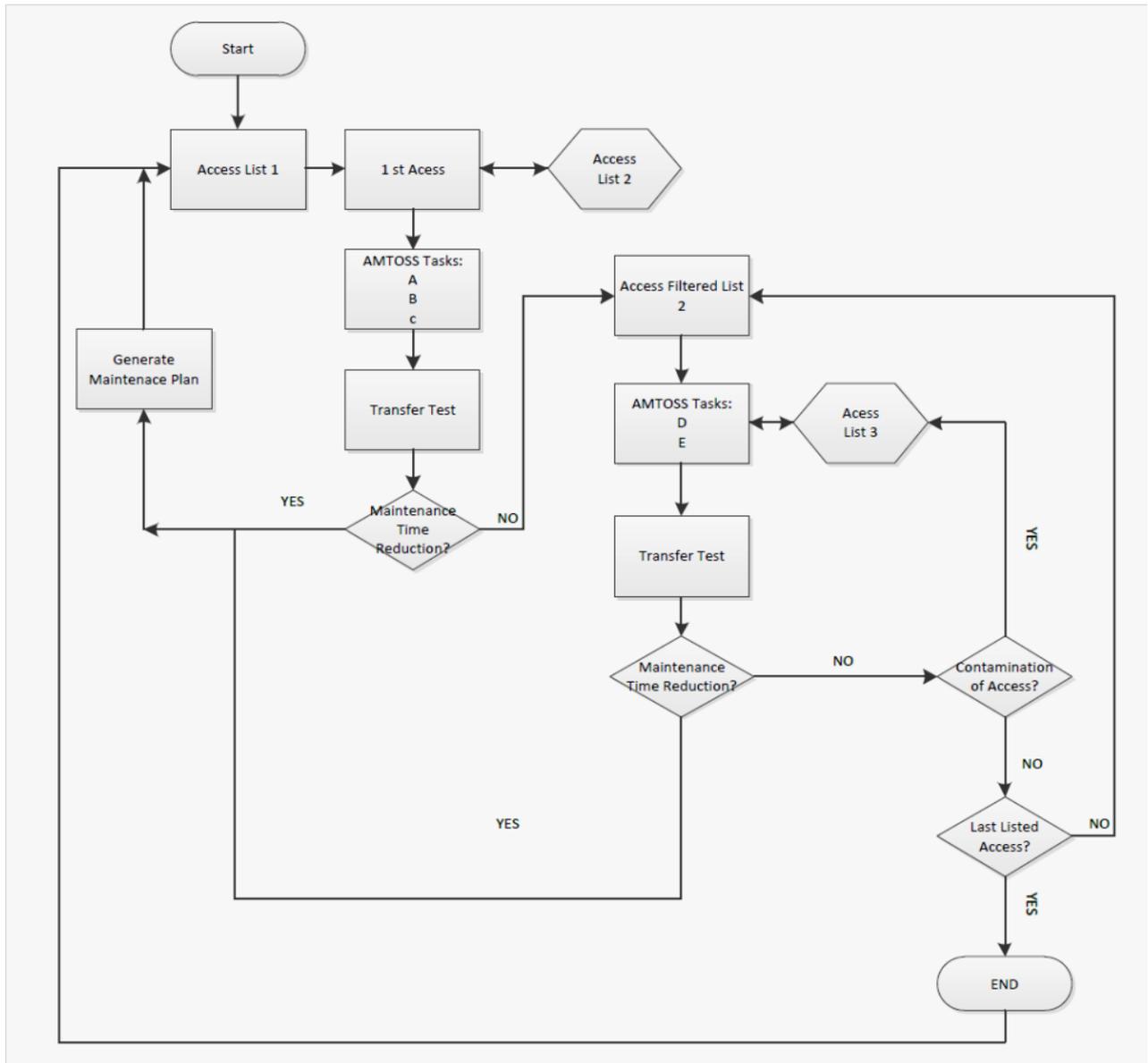



Figura 4.3 – Diagrama lógico representativo da metodologia aplicada.

Constrangimento

Para o presente caso, impõe-se a condição de todas as tarefas AMTOSS cujo tempo de execução seja maior ou igual a 40 minutos e simultaneamente sejam tarefas de elevado grau de minuciosidade, manter-se-ão inalteradas no pacote original em que se encontram, pois a sua alteração de pacote poderia pôr em causa a sequência lógica pré-definida da progressão do trabalho. Na Figura 4.4 apresentam-se parte das 24 tarefas em questão, as quais reúnem as duas condições acima citadas. As tarefas seleccionadas para a imposição deste constrangimento foram obtidas utilizando os tempos da base de dados da PGA e com base na análise do manual de manutenção da aeronave.

Descricao	Tempo AMTOSS
RESTORATION OF FLOW CONTROL VALVE (OVERHAUL)	90
RESTORATION OF PRESSURE REGULATOR AND SHUTOFF VALVE (OVERHAUL)	180
FUNCTIONAL CHECK OF LANDING GEAR ALTERNATE CONTROL	60
CHANGE OIL OF AIR CYCLE MACHINES	40
CHANGE IDG OIL & FILTER ELEMENTS	60
LUBRICATION & CLEANING OF FLAP ACTUATOR NUTS	60
LUBRICATION OF MLG JOINTS AND GLAND BEARINGS (EXCLUDING TORQUE LINKS)	40
INSP. OF STARTER MOTOR BRUSHES	60
FUNC. CHECK OF PAX DOOR LATCHING & LOCKING MECHANISM	50
FUNCTIONAL CHECK OF EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM	40
LUBRICATION OF FLAP CARRIAGES ROLLERS & A-FRAMES ROLLERS	60
TEMPERATURE SENSOR: CABIN TEMPERATURE SENSORS (SUPPLY IND/CONTROL, IND. CONTROL) CLEAN SENSORS A	60
PASSENGER SEATS & BELTS OPERATIONAL CHECK	120
CHANGE OIL, PRESSURE FILTER AND SCAVENGE FILTER	40
DISCARD THE IGNITER PLUG (SYSTEM 2)	40

Figura 4.4 – Tarefas utilizadas para a imposição do constrangimento.

Acessos *Checks* A - Utilização

Durante a realização da manutenção dos 12 *Checks* A, os acessos são solicitados 399 vezes, existindo 158 acessos diferentes. Os seus tempos de abertura/fecho variam entre 1 minuto e 60 minutos, como se pode constatar na Tabela 4.1.

Tempo Abertura/Fecho Acesso (min)	Nº Solicitação Acessos	Nº Acessos Distintos	% Acessos Distintos	Σ Tempo (min)
1	59	7	4,4	59
2	13	10	6,3	26
3	5	3	1,9	15
5	8	3	1,9	40
10	141	73	46,2	1410
20	96	31	19,6	1920
30	64	24	15,2	1920
60	13	7	4,4	780
Σ	**399**	**158**	**100**	**6170**

Tabela 4.1– Distribuição da carga horária dos acessos nos *Checks* A.

Da análise da tabela é possível constatar que o peso total dos 399 acessos nos *Checks* A é de 6170 minutos, aproximadamente 103 horas. Destes 399 acessos, apenas os acessos mais demorados, com tempos de abertura/fecho de 10, 20, 30 e 60 minutos serão alvo de estudo, pois a oportunidade de ganho de tempo surge exactamente nestes acessos cujo tempo de abertura/fecho é mais demorado. Os acessos de 10 minutos, embora não muito demorados, foram incluídos devido ao facto de terem um peso muito grande na estrutura (141 acessos), podendo deste modo conseguir-se alguns ganhos. A coluna dos acessos distintos representa o número de acessos diferentes, com o respectivo tempo associado, que foram solicitados ao longo dos 12 pacotes de manutenção, estando também o seu peso apresentado em forma de percentagem na coluna da contribuição.

Partilha de Acessos

Na Tabela 4.2 encontra-se apresentado o nível de cobertura de acessos entre 3 pacotes consecutivos. Estes resultados, obtidos através da aplicação desenvolvida, revelam que existe um nível de sobreposição de acessos entre tarefas que ronda os 20%, chegando a atingir os 25% em alguns casos. Esta tabela vem reforçar a ideia de que é possível agrupar tarefas que se encontrem em diferentes pacotes, mas que partilhem os mesmos acessos. Através destes indicadores, poder-se-á concluir, ainda que precipitadamente que, quanto maior for o nível de cobertura, maior será a probabilidade de sucesso de optimização. Porém, outros factores terão de ser tidos em conta, nomeadamente, aquando da transferência de uma tarefa de um pacote para outro devido à partilha de um acesso, poder-se-á dar o caso em que a tarefa em questão partilhe outros inúmeros acessos e isso implica também a transferência dos mesmos, o que pode resultar num prejuízo de tempo, tendo todos estes casos de ser analisados.

Pacotes	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
12		15,63%	**23,21%**	15,24%								
11			19,23%	18,53%	19,02%							
10				18,62%	**25,79%**	19,46%						
9					18,48%	16,24%	16,28%					
8						17,39%	**24,48%**	19,60%				
7							14,86%	18,23%	17,54%			
6								17,54%	**23,10%**	15,05%		
5									17,56%	18,50%	21,05%	
4										16,14%	**25,09%**	19,00%
3											18,96%	16,96%
2												19,79%
1												

Tabela 4.2 – Nível de cobertura de acessos entre pacotes.

5 Análise de Resultados

5.1 *Check* Tipo A & DRF 4000

No presente tópico pretende-se analisar o tempo total do PMA, no que diz respeito ao *Check* A, agora com as tarefas DRF 4000 incluídas no pacote A6 e A12, bem como a contribuição parcial de cada elemento que perfaz este tempo, elementos estes que são:

- Tempo de execução das tarefas adicionais (tarefas de preparação/*follow* on);
- Tempo de abertura e fecho dos acessos;
- Tempo de execução das tarefas AMTOSS.

Para este novo *Check* A reestruturado com as tarefas DRF 4000 incluídas no mesmo, na Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3 apresentam-se, em forma de gráfico, os valores correspondentes a cada uma dessas contribuições, bem como as aproximações consideradas.

Contribuição Parcial

Foi realizada uma análise do peso da contribuição dos elementos que perfazem o tempo total do *Check* A & DRF 4000 incluídas, obtendo-se o seguinte cenário ilustrado na Figura 5.1:

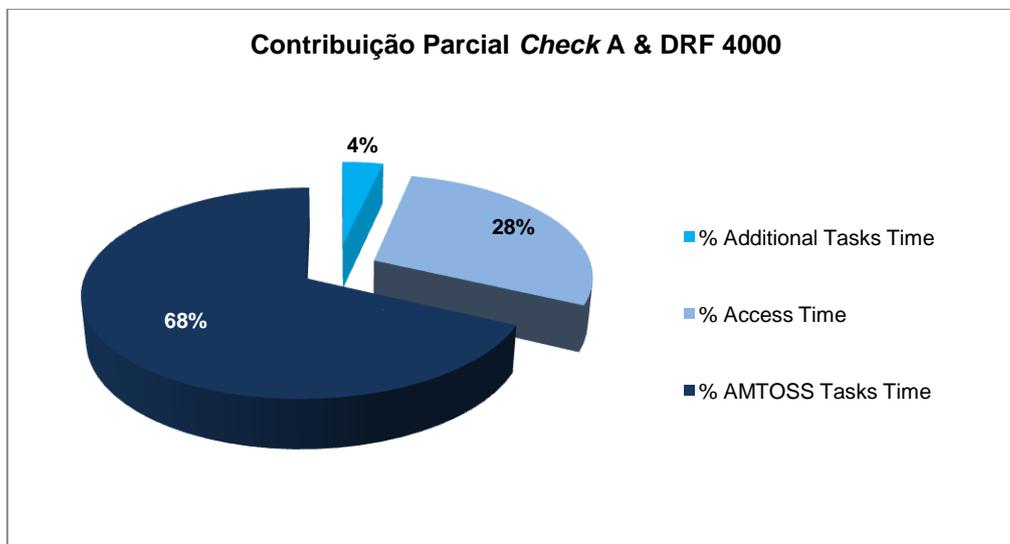



Figura 5.1 – Contribuição parcial das três parcelas constituintes do conjunto *Check* A - DRF 4000.

Facilmente se constata que o peso da componente do tempo de execução das tarefas adicionais, face às outras duas é irrelevante e, desprezando essa mesma componente, obtém-se o gráfico da Figura 5.2:

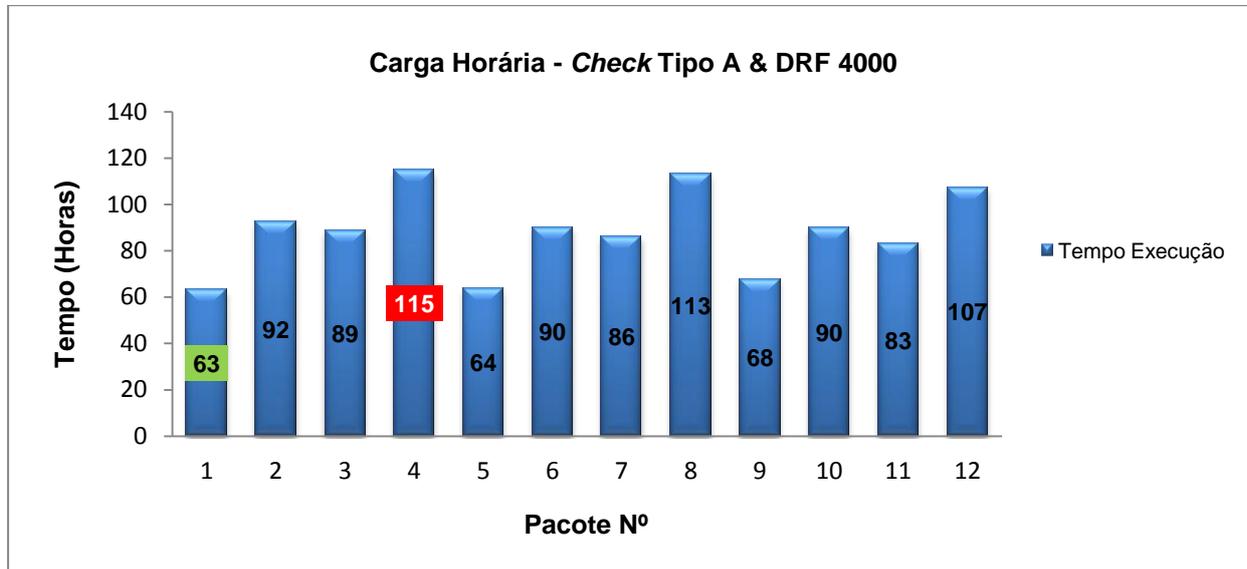



Figura 5.2 – Tempo de execução do *Check* Tipo A & DRF 4000.

Após a leitura do gráfico, o pacote A1 afigura-se como o menos demorado, suportando uma carga de 63 horas de tempo de manutenção. Por outro lado, o pacote A4 é o mais demorado, apresentando o valor de 115 horas. O tempo total de manutenção do PMA é agora de **1060 horas de manutenção**. Realizando o *Check* A e o *Check* DRF 4000 em separado, o tempo total de manutenção seria de 1087 horas, conforme a Equação 5.1, obtendo-se então um ganho temporal de aproximadamente 2,5 % com esta alteração.

$$Tempo\ Check\ A + Tempo\ DRF\ 4000 * 2 = 1087\ horas \qquad \textbf{(5.1)}$$

O benefício de agrupar as tarefas por acessos comuns ganha agora especial destaque, quer no pacote A6, quer no pacote A12, devido ao facto de ao inserir as tarefas DRF 4000 nestes 2 pacotes, existirem 24 acessos partilhados de tarefas distintas entre estes 2 *Checks*. Na Tabela 5.1 apresenta-se o ganho temporal e percentual obtido nos referidos pacotes. No Anexo A e B encontram-se descritos os acessos partilhados entre cada um destes pacotes e entre os distintos 105 acessos solicitados pelas tarefas DRF 4000.

Conforme se pode verificar pela análise da Tabela 5.1, ao inserir as tarefas DRF 4000 no pacote A6, existem 41 acessos comuns, o que leva a um ganho temporal no valor de 13 horas de manutenção e um ganho percentual na ordem dos 12,6%. Relativamente ao pacote A12, esta partilha de 44 acessos comuns resulta num ganho temporal de 14 horas de manutenção e um ganho percentual a rondar os 11,6%.

Pacote	Tempo sem partilha de acessos (horas)	Tempo com partilha de acessos (horas)	Ganho Temporal (horas)	Nº Acessos Partlhados	Ganho percentual
A6	103	90	**13**	**41**	**12,6 %**
A12	121	107	**14**	**44**	**11,6 %**

Tabela 5.1 – Ganhos temporais e percentuais obtidos no *Check* A & DRF 4000.

Na Figura 5.3 pode avaliar-se o impacto de cada uma das Tarefas AMTOSS e de abertura/fecho de acessos no *Check* A.

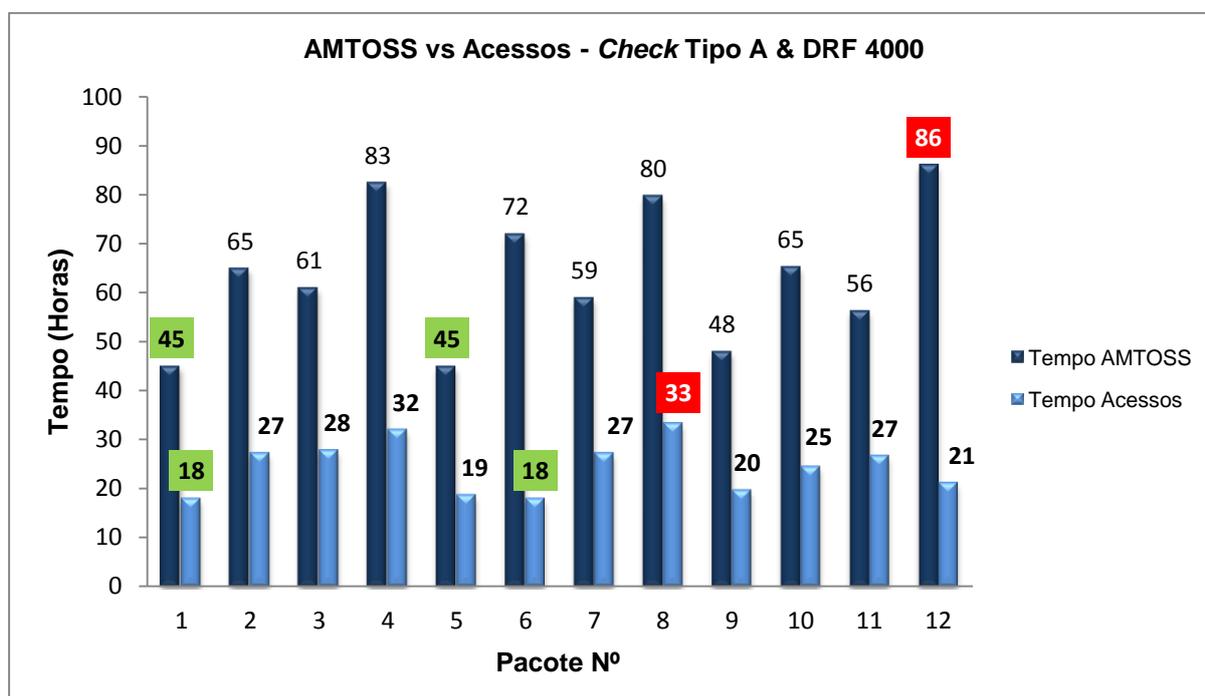



Figura 5.3 – Tempo discriminado AMTOSS e Acessos do *Check* A

As tarefas AMTOSS mais demoradas que antigamente se encontravam no pacote A8, encontram-se agora no pacote A12 com o valor de 86 horas. Relativamente aos acessos, continua a ser no pacote A6, a par com o pacote A1, que estes têm menor impacto, apenas com 18 horas. Relativamente ao pacote A6 antes de se introduzirem as tarefas DRF 4000, houve um aumento de 9h (de 9h para 18h) no que diz respeito aos acessos, ocorrendo no caso do pacote A12 apenas um aumento de 7h (14h para 21h). Este tempo adicional diz respeito ao conjunto de acessos solicitados pelas tarefas DRF 4000, que por não serem comuns aos existentes em cada um dos pacotes, terem de ser executados, contribuindo deste modo com um tempo adicional.

Para este novo plano de manutenção reestruturado, de maneira a calcular a dispersão entre os diversos pacotes, foi calculada uma das medidas mais usuais de dispersão estatística, o desvio padrão. Como forma de comparação antes e depois da aplicação da metodologia implementada, com base na Equação 5.2 obteve-se o resultado apresentado na Tabela 5.2.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}$$ **[5.2]**

Check **Tipo A & DRF 4000**	**Tempo Total PMA (horas)**	**Desvio Padrão**
Antes da Equalização	**1060**	**17,5**

Tabela 5.2 – Desvio padrão *Check* Tipo A & DRF 4000 antes da equalização do PMA.

Este valor de 17,5 obtido traduz a variabilidade dos valores em torno do valor médio. O valor mínimo do desvio padrão é 0 indicando que não há variabilidade, ou seja, que todos os valores são iguais à média.

Aproximações Consideradas

Atendendo à Figura 5.1, verifica-se que a componente do tempo de execução das tarefas adicionais poderá ser desprezada para cálculos futuros, pois o seu peso é de apenas 4% em todo o *Check* A & DRF 4000.

Os tempos de execução das tarefas mencionadas são tempos aproximados, os quais foram obtidos juntamente com o responsável dos técnicos de manutenção da aeronave (TMA´s). Estes tempos englobam os tempos relativos a pausas efectuadas, trocas de ferramentas e colocação da aeronave em hangar, quando assim se justificar.

Modo de Apresentação de Resultados

Nesta secção, por intermédio de figuras obtidas através da aplicação, será ilustrado o modo como se visualizam os resultados. Posteriormente, após a criação dos novos planos de manutenção, os resultados serão exportados para 12 ficheiros do tipo *.xls (Microsoft Office Excel)*[25], os quais representam os 12 pacotes de manutenção, constituídos pelas respectivas tarefas e propriedades.

Criação de Lista de Tarefas / Acessos

Atendendo à Figura 5.4, numa primeira etapa aquando da criação da lista de tarefas, no separador "*count*" é contabilizado o número de tarefas de um determinado pacote. Expandindo o separador "*Private Collection*", ou seja, a lista de tarefas criada, é possível visualizar todos os *itens* que correspondem às tarefas, caracterizadas pela sua descrição, pelo ID e por uma lista de acessos, igualmente caracterizada pelas suas propriedades.

Expression	Value
TRF	
Count	101
m_PrivateCollection	
Item 1	
Item 2	
Descricao	"RESTORATION OF FLOW CONTROL VALVE (OVERHAUL)"
ID	36
ListaAcessos	
Count	2
m_PrivateCollection	
Item 1	
Descricao	"127AB"
ID	5
Tempo	2
Item 2	
PeriodoMaximoN	6
Tempo	10
Item 3	
Item 4	

Figura 5.4 – Criação de lista de tarefas e respectivas propriedades.

Criação de Planos

Após a lista de tarefas devidamente caracterizada e aplicação da metodologia utilizada, a criação dos 9 planos menos demorados é então apresentada, conforme se pode observar na Figura 5.5. Novamente, no separador "*count*" é contabilizado o número de planos criados, em que cada um destes é composto por uma lista de tarefas AMTOSS. É igualmente possível visualizar-se o número de acessos existente em cada um dos períodos, caracterizados pelo ID, expandindo o separador "*Private Acessos Prd (x)*", conforme exemplo apresentado para o período 3A, existindo neste caso um total de 6 acessos.

Expression	Value
PLNS	
Count	9
m_PrivateCollection	
Item 1	
Count	101
m_PrivateAcessosPrd	
m_PrivateAcessosPrd(1)	
m_PrivateAcessosPrd(2)	
m_PrivateAcessosPrd(3)	
Item 1	5
Item 2	8
Item 3	671
Item 4	672
Item 5	673
Item 6	674
m_PrivateAcessosPrd(4)	
m_PrivateAcessosPrd(5)	
m_PrivateAcessosPrd(6)	

Figura 5.5 – Criação da lista de planos.

Cálculo da Função Custo

A função custo, que expressa o tempo total de um plano de manutenção, a qual reflecte a soma de todas as parcelas constituintes de um plano de manutenção é também apresentada, em minutos, bem como o tipo de dados referente às diferentes variáveis, como se encontra ilustrado na Figura 5.6.

Expression	Value	Type
PLNS		clsPlanos/clsPlanos
Count	9	Long
m_PrivateCollection		Collection/Collection
Item 1		Variant/Object/clsPlano
Count	101	Long
m_PrivateAcessosPrd		Variant(1 to 12)
m_PrivateAcessosPrdInit	True	Boolean
m_PrivateCollection		Collection/Collection
m_PrivateCusto	37523	Double

Figura 5.6 – Representação do tempo total do plano de manutenção.

Descrição dos Pacotes de Manutenção

Após aplicação da metodologia, a aplicação exportará 9 ficheiros do tipo *.xls*, os quais representam os 9 planos de manutenção de menor tempo de execução. Nesses ficheiros, conforme se pode observar na Figura 5.7, a qual representa parte de um plano de manutenção, pode-se encontrar o ID da tarefa que compõe o plano, o seu intervalo e offset, o pacote em questão e o tempo que demora a executar, em minutos, definido pela função custo.

ID Tarefa	Periodo N	Offset N	Pacote	Custo
422	6	6	6	6964
644	6	6		
645	6	6		
647	1	1		
648	1	1		
650	2	2		
655	1	1		
656	1	1		
711	1	1		
713	1	1		
715	1	1		
746	4	4		
747	4	4		
748	4	4		

Figura 5.7 – Representação de parte do ficheiro que contém os resultados.

5.2 Equalização do Novo PMA

Face a alguma discrepância temporal entre os 12 pacotes de manutenção do novo PMA, o objectivo traçado prende-se agora com a diminuição do desvio padrão. Através da metodologia anteriormente implementada, com o constrangimento das tarefas minuciosas aplicado, o resultado obtido para o tempo de manutenção foi de 1060 horas, apresentando o desvio padrão um valor de 17,5.

Nesta secção, optou-se por eliminar esse constrangimento, visto essas 24 tarefas terem um peso considerável no PMA. Através desta medida e aplicando-se novamente a metodologia possibilitou-se a equalização do mesmo, conseguindo-se deste modo uma mais-valia, optimizando-se o tempo de chão, conforme se pode constatar no gráfico da Figura 5.8. O facto de agora possibilitar a deslocação dessas 24 tarefas para outros pacotes que não os pacotes de origem, não invalida que a sua exequibilidade tenha de ser atentamente analisada, pois poder-se-á estar a incorrer numa premissa falaciosa.

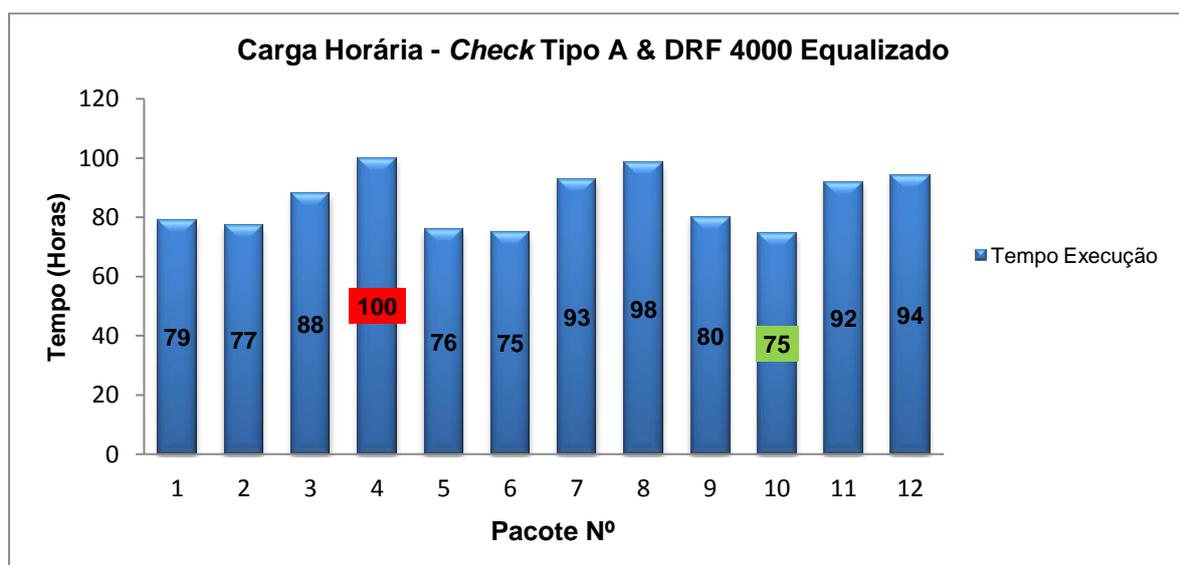



Figura 5.8 – Tempo de execução do *Check* Tipo A & DRF 4000 equalizado.

Uma das alterações impostas, começando pelo pacote A12, onde inicialmente eram realizadas as tarefas de intervalo 2A, estas passaram a ser realizadas no pacote 1A, 3A, 5A, 7A, 9A e 11A. Com esta alteração foi possível tornar os pacotes mais homogéneos a nível temporal, como reflecte o desvio temporal calculado que neste caso apresenta o valor de 9,5, conforme se constata na Tabela 5.3. Alguns pacotes que anteriormente apresentavam uma carga horária mais pesada, nomeadamente o pacote A4 e o pacote A8 com 115 e 113 horas respectivamente, têm agora esse tempo de manutenção distribuído por outros pacotes que anteriormente se apresentavam menos demorados, como era o caso do pacote A1, A5 e A9. Além da referida alteração, por intermédio da aplicação que deslocou algumas tarefas da sua localização original para outros pacotes, verificou-se uma maior partilha entre acessos, conseguindo-se também uma optimização do tempo total do PMA.

Check Tipo A & DRF 4000	Desvio Padrão
Depois da Equalização	**9,5**

Tabela 5.3 – Desvio padrão *Check* Tipo A & DRF 4000 depois da equalização do PMA.

O tempo de manutenção do PMA antes da reestruturação era de 1060 horas, perfazendo agora, após a equalização, um total de 1025 horas. Esta diminuição do tempo total de manutenção só é expectável mediante a eliminação do constrangimento inicialmente aplicado, visto a aplicação estudar todas as hipóteses de partilha de acessos e apresentar os melhores resultados.

A comparação destes valores antes e depois da equalização, bem como de outros dados relevantes obtidos, encontram-se registados na Tabela 5.4.

PMA	Tempo Total PMA (horas)	Desvio Padrão	Ganho Temporal (%)
Antes Equalização	1060	**17,5**	**3,3 %**
Depois Equalização	1025	**9,5**	

Tabela 5.4 – Resultados obtidos antes e depois da equalização do PMA.

O ganho temporal, apresentado sob a forma de percentagem, traduz a optimização que se obteve a nível de tempo, após a equalização do PMA. Relativamente ao desvio padrão, este indicador revela bastante importância, pois traduz a realização de um dos objectivos deste trabalho, a optimização do tempo de chão da aeronave, por intermédio da equalização do PMA.

6 Conclusões e Recomendações

Relativamente à exequibilidade do plano de manutenção, este ponto terá de ser atentamente avaliado, encontrando-se inúmeras variáveis subjacentes a esta mudança, como é o caso de equipas de trabalho disponíveis, material e ferramentas utilizadas, compatibilidade a nível de espaço para diferentes tipos de inspecção, entre outros. No trabalho em questão, este tópico não foi exaustivamente abordado por falta de informação adicional, mas serão levantadas algumas questões pertinentes, que em caso de alteração do PMA deverão ser analisadas.

No presente trabalho, o facto de não se ter tido acesso ao período máximo original das tarefas antes de se proceder à sua optimização foi um factor limitativo. Provavelmente muitas das tarefas com que se tem vindo a trabalhar, por questões de optimização, foram alvo de redução do seu intervalo original, e este facto, a concretizar-se, pode restringir largamente a obtenção de melhores resultados. O ponto de partida por onde se começou o trabalho já se encontrava parcialmente optimizado, restringindo bastante outras soluções possíveis. Em espaços mais complexos conseguir-se-iam melhores soluções, ou pelo menos maior número de soluções, ou seja, se estivéssemos a trabalhar num universo maior, incluindo as tarefas do *Check* C e do *Check* D, a oportunidade e probabilidade de optimização seria muito superior.

Sentiu-se alguma limitação na reestruturação do PMA, por se estar a trabalhar com um número razoavelmente baixo de tarefas e de acessos. De qualquer modo, o desenvolvimento da aplicação permitiu a equalização do mesmo e levantou conclusões interessantes, as quais se passam a citar:

- Relativamente ao primeiro objectivo, do ponto de vista temporal, verificou-se uma optimização aquando da inserção das tarefas DRF 4000 no Check A, que se reflectiu num ganho temporal de aproximadamente 2,5 %, podendo concluir-se, com base no pressuposto citado, que existe vantagem em incluir estes dois *Checks* distintos num só *Check*.

- No que diz respeito ao segundo objectivo, a análise do desvio padrão que variou de um valor de 17,5 para 9,5, traduz o sucesso da equalização do respectivo plano de manutenção que se reflectiu num ganho temporal de 3,3%, conseguindo-se deste modo optimizar o tempo de chão.

Seria interessante reflectir os ganhos temporais a nível de custo, elaborando uma análise cuidada a todo o processo de manutenção, mas este será um dos tópicos abordados no capítulo seguinte de trabalhos futuros. Para uma análise de resultados mais coerente, estes deveriam ser obtidos aquando da comparação entre custos, fiabilidade da operação e manutenção de aeronaves semelhantes, avaliando, através da conjuntura de todos estes factores, a exequibilidade das alterações propostas.

O processo de elaboração de um plano de manutenção de uma aeronave mostra-se bastante complexo, envolve inúmeras variáveis e requer um conhecimento prático das tarefas muito pormenorizado. A optimização de um plano de manutenção já existente mostrou-se um excelente caminho teórico, o qual serviu de guia para a construção lógica do raciocínio aplicado, aquando da elaboração da aplicação desenvolvida.

7 Trabalhos Futuros

Neste capítulo serão apresentadas algumas propostas para desenvolvimentos futuros, as quais, em conjunto com o presente trabalho poderão resultar numa análise mais consistente, resultando numa mais-valia para a companhia aérea *Portugália Airlines*. Enunciam-se de seguida alguma dessas propostas:

- Analisar a exequibilidade das tarefas de manutenção, no que diz respeito ao espaço físico existente dentro de cada painel de acesso.
- Avaliar todos os *Checks* de manutenção do ponto de vista económico, realizando uma análise de custos, contabilizando todos os custos directos e indirectos.
- Realizar uma análise de tempo (h) *versus* custo (€), apurando os casos em que se justifica existir perda de potencial ou redução do intervalo de manutenção, averiguando atentamente os casos em que uma tarefa implica a remoção de material de elevado custo e ao mesmo tempo se encurta o intervalo de realização da mesma.
- Estudar a viabilidade de fragmentar o *Check* Tipo C (5000 FH), ainda que com uma carga horária bastante elevada, incluindo-o no Check *Tipo* A.
- Implementar uma solução para gestão de mobilidade de equipas quer internas, quer de prestadores de serviço, para gerir as ordens de serviço de manutenção.
- Implementar um optimizador, que permitisse uma gestão integrada de trabalho, recursos, competências e disponibilidades, de modo a optimizar o tempo de chão da aeronave.

Relativamente à aplicação criada, esta encontra-se em condições de ser aplicada e poderá ser alvo de desenvolvimento, inclusive ser aplicada a outros planos de manutenção de diferentes aeronaves e apresenta-se como um excelente ponto de partida para a optimização e sistematização do plano de manutenção da aeronave *Fokker 100*.

Referências Bibliográficas

[1] Oprea, M., *The Effects Of Global Economic Crisis On The Air Transport Of Passengers In Europe And In Romania*, University of Cluj-Napoca, Faculty of Geography, Romania, 2010.

[2] Harvey, G., *The impact of the financial crisis on labour in the civil aviation industry,* international Labour Office, Geneva.

[3] *Airbus, Maintenance Cost and Reliability Control*, 2009.

[4] Kelly, A., *Maintenance Planning and Control*, Butterworths, Manchester (UK), 1984.

[5] Delys, J., Donas, Y., Orlan, P., Weiss, E., *Les crises d'hier et d'aujourd'hui*, Tableau de Bord Mensuel, ID AERO, Analyse, Décembre 2010.

[6] Ben-Daya et al., *Maintenance, Modelling and Optimisation*, Kluwer Academic Publishers, Boston (USA), 2000.

[7] Doganis, R., *The Airline Business*, Routledge, New York (USA), 2006.

[8] Kinnison, H. A., *Aviation Maintenance Management,* McGraw-Hill Companies, Inc., USA, 2004.

[9] Abreu, R., *Fundamentos em Manutenção de Aeronaves*, Instituto de Logística Aeronáutica

[10] Boeing, *Production Planning Requirements To Maintain Continued Airworthiness*, Fleet Maintenance Seminar Notes, Commercial Aviation Services, Seattle (USA), 2001.

[11] Stam, T., Lems, W., *Line and Base Maintenance Redefinition*, Maintenance program concept redefinition, Schiphol East, 2001.

[12] Boeing, *Production Planning Requirements To Maintain Continued Airworthiness*, Fleet Maintenance Seminar Notes, Commercial Aviation Services, Seattle (USA), 2001.

[13] Ebeling, C., *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, New York: McGraw Hill, 1997.

[14] Moubray, J., *Reliability-centered Maintenance*, 2nd Edition, Oxford: Butterworth-Heinemann, Industrial Press Inc., 2001.

[15] Direcção de Manutenção e Engenharia, *Programa de Manutenção da Aeronave Fokker 100*, Rev. 10, Portugália – Companhia Portuguesa de Transportes Aéreos, S.A., 2010.

[16] Boeing, *737 –600/ -700/ -800 / -900 Maintenance Planning Data Document*, D626A001, Revision June 2001, Commercial Aviation Services, Seattle (USA), 2001.

[17] Levitt, J., Complete Guide to Preventive and Predictivee Maintenance, Industrial Press Inc., New York (USA), 2003.

[18] Fokker*, Fokker 100 Utilization Report*, 2011

www.myfokkerfleet.com – acedido a 06/08/2010

[19] Standard. M., *Reliability – Centered Maintenance Requirements For Naval Aircraft*, USA, 1981.

[20] Kececioglu, D. (2002). *Reliability Engineering Handbook, Volume 1.* Lancaster, Pennsylvania.

[21] Fokker*, Fokker 100 Aircraft Maintenance Manual*, 2011

www.myfokkerfleet.com – acedido a 19/09/2010

[22] Glossário de Termos Técnicos – Manutenção de Motores Aeronáuticos
http://eaglesgate.com/glossario1.htm - acedido a 03/11/2011.

[23]– *Portugália Airlines – Details and Fleet History.*
http://www.planespotters.net/Airline/Portugalia?show=all – acedido a 12/11/2011.

[24] Curtis, D., Microsoft Office Excel 2007 Step by Step, 2003.

[25] Joyce, C., *Microsoft Office Access 2010 Step by Step,* Microsoft Press, Washington (USA), 2010.

Anexos

A – Acessos Partilhados entre o Pacote A6 e as DRF 4000.

Acesso	Nº Solicitações	Tempo_Acesso
123AL	2	60
124AR	2	60
124BR	1	5
124CR	5	1
192CR	1	60
193CL	2	60
254AZ	10	1
311DZ	6	30
314AR	3	30
315AB	7	1
432EB	5	20
432JL	1	20
442EB	6	30
442JR	1	30
532JB	1	20
532KB	1	20
532LB	1	10
532MB	1	10
532NB	1	10
532PB	1	10
533JL	2	10
533KR	2	10
534CB	1	20
534DB	1	20
534EB	1	10
534FB	1	20
535JR	2	20
632JB	1	10
632KB	1	20
632LB	1	20
632MB	1	10
632NB	1	20
632PB	1	20
632QB	1	20
633JR	2	10
633KL	2	10
634CB	1	10
634DB	1	20
634EB	1	10
634FB	1	10
635JL	2	20
Total	**85**	**808 min**

B – Acessos Partilhados entre o Pacote A12 e as DRF 4000

Acesso	Nº Solicitações	Tempo_Acesso
123AL	1	60
124AR	1	60
124BR	1	5
124CR	6	1
185AL	1	3
186AR	1	3
192CR	1	60
193CL	2	60
254AZ	12	1
311DZ	6	30
314AR	2	30
315AB	7	1
432EB	5	20
432JL	1	20
442EB	6	30
442JR	1	30
532JB	2	20
532KB	2	20
532LB	2	10
532MB	2	10
532NB	2	10
532PB	2	10
532QB	1	20
533JL	2	10
533KR	2	10
534CB	2	20
534DB	2	20
534EB	2	10
534FB	2	20
535JR	2	20
632JB	2	10
632KB	2	20
632LB	2	20
632MB	2	10
632NB	2	20
632PB	2	20
632QB	2	20
633JR	2	10
633KL	2	10
634CB	2	10
634DB	2	20
634EB	2	10
634FB	2	10
635JL	2	20
Total	**109**	**834**

C – Capítulos ATA 100

00 INTRODUCTION
05 TIME LIMITS/MAINTENANCE CHECKS
06 DIMENSIONS AND AREAS
07 LIFTING & SHORING
08 LEVELING & WEIGHING
09 TOWING & TAXIING
10 PARKING, MOORING, STORAGE & RETURN TO SERVICE
11 PLACARDS AND MARKINGS
12 SERVICING
20 STANDARD PRACTICES-AIRFRAME
21 AIR CONDITIONING
22 AUTO FLIGHT
23 COMMUNICATIONS
24 ELECTRICAL POWER
25 EQUIPMENT/FURNISHINGS
26 FIRE PROTECTION
27 FLIGHT CONTROLS
28 FUEL
29 HYDRAULIC POWER
30 ICE AND RAIN PROTECTION
31 INDICATING/RECORDING SYSTEMS
32 LANDING GEAR
33 LIGHTS
34 NAVIGATION
35 OXYGEN
36 PNEUMATIC
38 WATER/WASTE
49 AIRBORNE AUXILIARY POWER
51 STANDARD PRACTICES AND STRUCTURES - GENERAL
52 DOORS
53 FUSELAGE
54 NACELLES/PYLONS
55 STABILIZERS
56 WINDOWS
57 WINGS
70 STANDARD PRACTICES - ENGINES
71 POWER PLANT
72 ENGINE
73 ENGINE FUEL AND CONTROL
74 IGNITION
75 AIR
76 ENGINE CONTROLS
77 ENGINE INDICATING
78 EXHAUST
79 OIL
80 STARTING